

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA  
Y GEOGRÁFICA**

**UNIDAD DE POSTGRADO**

**Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de  
San Mateo, afectado por las actividades mineras**

**TESIS**

**para optar el grado académico de Magíster en Ciencias Ambientales con  
Mención en Desarrollo Sostenible en Minería y Recursos Energéticos**

**AUTORA**

**Helen Jesús Calla Llontop**

**ASESOR**

**Carlos Francisco Cabrera Carranza**

**Lima – Perú**

**2010**

## **DEDICATORIA**

A mis Queridos Padres:

El Sr. Leonidas Julián Calla

López y la Sra. Hilda

Micaela Llontop Carranza;

por su Apoyo Incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un especial agradecimiento al Mg. Walter Javier Díaz Cartagena por su conducción y aporte de valiosos conocimientos académicos que han permitido el desarrollo de la presente tesis de investigación; al Ing. Alfonso Prado Velásquez y al Dr. Carlos Cabrera Carranza por su constante apoyo y asesoramiento durante todo el proceso de investigación.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....</b>	<b>5</b>
1.1 <b>Sustentación Del Tema .....</b>	<b>5</b>
1.2 <b>Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
1.3 <b>Planteamiento Del Problema .....</b>	<b>10</b>
1.4 <b>Objetivos .....</b>	<b>13</b>
1.5 <b>Hipótesis.....</b>	<b>13</b>
1.6 <b>Metodología .....</b>	<b>14</b>
1.7 <b>Marco Legal.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>26</b>
2.1 <b>Ubicación Geográfica .....</b>	<b>26</b>
2.2 <b>Delimitación del Área de Estudio .....</b>	<b>29</b>
2.3 <b>Reseña Histórica Del Distrito De San Mateo.....</b>	<b>29</b>
2.4 <b>Caracterización Ambiental .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO III. MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE .....</b>	<b>74</b>
3.1 <b>Pasivos Ambientales Mineros en el Distrito de San Mateo .....</b>	<b>74</b>
3.2 <b>Operación Minera Actual .....</b>	<b>75</b>
3.3 <b>La Actividad Minera y los Efectos en la Salud .....</b>	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA .....</b>	<b>98</b>
4.1 <b>Antecedentes de Influencia de la Actividad Minera en la Calidad del Agua</b> 98	
4.2 <b>Análisis de la Evolución de la Calidad del Agua en Relación a los</b> <b>Estándares Nacionales e Internacionales .....</b>	<b>99</b>

<b>CAPÍTULO V. MÉTODOS DE MITIGACIÓN .....</b>	<b>247</b>
<b>5.1 Propuesta de Aplicación de la Tecnología HDS .....</b>	<b>248</b>
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>252</b>
<b>CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>254</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>256</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>260</b>

## RESUMEN

La tesis de investigación aborda los efectos que ha presentado la calidad del agua del río Rímac frente al desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo de Huanchor ubicado en la provincia de Huarochirí del departamento de Lima.

El área de estudio es una zona donde la actividad minera polimetálica se ha desarrollado desde muchas décadas atrás aproximadamente desde los años 30, época en la cual no se tenían las actuales exigencias de la normativa ambiental legal y por tal motivo tenemos actualmente catalogados en la zona 21 pasivos ambientales mineros entre bocaminas, relaveras e infraestructuras asentados a orillas de las aguas del Rímac y de sus tributarios principales como son el río Blanco y el río Aruri, los cuales actualmente son fuentes aportantes de lixiviados a las aguas del río Rímac, debido a que no están siendo manejados ni por la empresa privada ni por el Estado.

La investigación en la calidad del agua ha sido desarrollada en una serie de tiempo de diez años tomando como patrones de análisis a los iones metálicos; los cuales han tenido un análisis comparativo con las normativas legales ambientales tanto nacionales como internacionales tales como los Estándares de la Organización Mundial de la Salud, los Estándares de Canadá para Agua de Irrigación, la Ley General de Aguas y los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (ECAS) para la Categoría III aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, siendo estos últimos el referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua del año 2008, ya que constituyen los valores óptimos que aseguran la calidad de los recursos hídricos superficiales del país.

Del análisis se obtuvo que el **Cadmio, Plomo, Manganeso, Arsénico y Fierro** eran los elementos que tenían que recibir un tratamiento correctivo ya que sus concentraciones en las aguas del Rímac eran mayores a lo establecido en los estándares de calidad de agua.

Luego de obtener estos resultados se seleccionó la fuente aportante a tratar y se eligió como caso de estudio el efluente final de Compañía Minera San Juan S.A, por ser la empresa minera con mayor trayectoria histórica en la zona y la que tiene mayor

capacidad de producción en el distrito de San Mateo; asimismo porque se observó que había un mayor incremento en las concentraciones de los iones metálicos en las aguas del Rímac luego de recibir el vertimiento final de la mencionada empresa, en comparación con otros puntos de muestreo que presentaban concentraciones menores; para lo cual se presentó una propuesta técnica económica basada en la aplicación de la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad para el tratamiento del efluente final de Compañía Minera San Juan por ser la mejor tecnología usada en todo el mundo para el tratamiento de efluentes mineros con contenido de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro, y porque presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione ningún efecto adverso en los componentes del ecosistema, permitiendo así cumplir con los estándares fijados por las actuales exigencias de la normativa ambiental. Con lo cual se tuvo como objetivo reducir las concentraciones de los elementos metálicos en las aguas del río Rímac del distrito de San Mateo y mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de Compañía Minera San Juan, poniendo en práctica una tecnología que ofrece los más altos estándares de calidad ambiental; beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del río Rímac.

## **ABSTRACT**

The thesis of investigation approaches the effects that the water quality of Rimac river has presented opposite to the development of the mining activity in San Mateo's district of Huanchor located in Huarochirí's province in Lima.

The area of study is a zone where the mining polymetallic activity has developed from many decades behind approximately from the 30s, epoch in which there had not the current requirements of the environmental legal regulation and for such motive we have nowadays catalogued in the zone 21 environmental mining liabilities between bocaminas, relaveras and infrastructures seated on the banks of the Rimac water and of it's principal tributaries like Blanco and Aruri rivers which nowadays are important sources of lixiviados to Rímac river water, due to the fact that they aren't being handled by the private company and for the State.

The quality water investigation has been developed in a series of time of ten years taking as bosses of analysis to the metallic ions; which have had a comparative analysis with the national and international legal environmental regulations such as the Standards of the World Health Organization, the Standards of Canada for Water of Irrigation, the General Law of Waters and the National Standards of Quality of the Water (ECAS) for the Category III passes by the Supreme Decree N° 002-2008-MINAM, being the above mentioned the legal environmental decisive modal for the analysis of the quality of the water of the year 2008, since they constitute the ideal values that assure the quality of the water superficial resources of the country.

We obtained from the analysis that the Cadmium, Lead, Manganese, Arsenic and Iron were the elements that had to receive a corrective treatment since their concentrations in Rimac water were bigger than the established in the standards of water quality.

After obtaining these results the source was selected the important source to treat and there chose as case of study the effluent end of Mining Company San Juan S.A, for being the mining company with major historical path in the zone and the one that has major capacity of production in San Mateo's district; likewise because was observed that there was a major increase in the concentrations of the metallic ions in the Rimac



water after receiving the final vertimento of the mentioned company, in comparison with other points of sampling that were presenting minor concentrations; for which had presented a technical economic offer based on the application of the technology HDS – Muds of high density for the treatment of the effluent end of Mining company San Juan for being the best technology used in the whole world for the treatment of effluent miners with content of lead, cadmium, arsenic, manganese and iron, and because it presents a level of efficiency that it allows to obtain effluent with the minimal concentrations of metals allowing that it's unload to the body recipient should not cause any adverse effect in the components of the ecosystem, allowing to expire this way with the standards fixed by the current requirements of the environmental regulation. Then we had an objective to reduce the concentrations of the metallic elements in the Rimac water of San Mateo's district and improve the current system of treatment of effluent miners of Mining Company San Juan, putting into practice a technology that offers the highest standards of environmental quality; benefiting this way the ecological balance and the quality of the waters Rimac river.

# INTRODUCCIÓN

Actualmente, en pleno siglo XXI, la disponibilidad del recurso agua, es motivo de preocupación no solo de expertos científicos, ni de especialistas en la materia o gobernantes sino de la humanidad entera, que ha reconocido y comprendido la importancia que este vital recurso tiene para garantizar la vida del planeta.

El calentamiento global uno de los principales temas en la agenda ambiental internacional, está afectando las principales reservas de agua dulce y en el Perú ha traído como consecuencia el proceso de deshielo de la Cordillera de los Andes. Sin embargo, a pesar de que las fuentes de agua dulce representan un porcentaje mínimo de la disponibilidad de agua del planeta, muchos de los ríos del Perú tanto de la costa y de la sierra se encuentran contaminados producto del desarrollo de la actividad minera.

La contaminación de los recursos hídricos por parte de la actividad minera, es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran dentro del ámbito de influencia de minas en operación, cierre o en abandono tanto a escala distrital, provincial o regional que ha traído como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas y la desaparición de especies hidrobiológicas.

En la cuenca alta del río Rímac, la actividad minera se viene desarrollando desde la década de los años 30 a través de la mediana minería y minería artesanal con la explotación de yacimientos polimetálicos que han traído como consecuencia la degradación de la calidad de las aguas del río Rímac, teniendo como muestra de ello diversos pasivos ambientales dejados por la antigua minería los cuales actualmente no están siendo manejados ambientalmente ni por la empresa privada ni por el Estado, motivo que ha impulsado el desarrollo de la presente tesis de investigación respecto al estado de la calidad del agua de este cuerpo receptor.

Basado en esta problemática, se ha realizado un análisis de la situación actual de la calidad del agua del tramo del río Rímac localizado en el distrito de San Mateo de la provincia de Huarochirí y de sus afluentes principales, el cual constituye el ámbito de

estudio, de donde se ha obtenido que para el año 2008 el Cadmio, el Manganeseo, Plomo, Fierro y Arsénico en ese orden de prioridad, constituyen los elementos metálicos que presentan concentraciones promedio mensuales por encima de lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad del Agua respecto a la Categoría III referido al Riego de Vegetales y Bebida de Animales, razón por la cual el uso de estas aguas no es apto para el riego de cultivos ni para la bebida del ganado, ya que la ingesta diaria y prolongada de estas aguas genera la bioacumulación de estos iones metálicos en los principales órganos de los animales causando graves efectos en su salud; así como la absorción en vegetales y su almacenamiento principalmente en las raíces representa un riesgo directo para la salud de las personas que consumen en su dieta diaria estos cultivos y la carne del ganado; por lo cual la presente tesis ha propuesto que es necesario realizar el tratamiento de un efluente minero representativo de la zona, ya que este es una fuente aportante de iones metálicos en las aguas del Rímac, con lo cual se contribuirá a reducir en gran medida la contaminación de las aguas del Rímac, mediante la descarga de efluentes que cumplan con lo exigido por la normativa ambiental vigente.

Se ha planteado el tratamiento del efluente final de la planta de neutralización de Compañía Minera San Juan, ya que se ha observado que el vertimiento de este efluente minero, genera un aumento considerable de los iones metálicos en las aguas del Rímac, para lo cual se ha seleccionado la tecnología HDS - Lodos de Alta densidad por ser la tecnología más usada en el mundo en el tratamiento de efluentes mineros.

Finalmente, la presente investigación busca contribuir con la gestión integral del recurso hídrico a través de la propuesta planteada y ubicar el tema en la agenda pública nacional como tema de atención prioritaria por parte de la máxima Autoridad Nacional del Agua del país.

# CAPÍTULO I. GENERALIDADES

## 1.1 Sustentación Del Tema

El río Rímac como fuente de abastecimiento principal de agua para la ciudad de Lima y como patrimonio del estado debe ser debidamente gestionado y manejado ya que actualmente sirve como fuente de abastecimiento de agua a cerca de 9 millones de personas y como cuerpo receptor de las aguas de la cuenca, por lo cual es necesario realizar una gestión integral del recurso a fin de evitar las pérdidas de gran parte de su volumen de agua al mar especialmente en épocas de fuerte precipitación en la zona andina y recuperar la calidad de sus aguas caracterizadas históricamente por su diversidad ecológica; por lo cual la presente tesis de investigación presentará una propuesta para la gestión integral del recurso hídrico a través de un manejo para las aguas contaminadas con metales pesados las cuales han sido degradadas a través de los años por el desarrollo de las actividades mineras, industriales, entre otras.

El distrito de San Mateo, ubicado en la provincia de Huarochirí, en el departamento de Lima, ha sido seleccionado como ámbito de estudio de la tesis de investigación por ser una zona donde la actividad minera se desarrolla desde mucho antes de la actual legislación ambiental, lugar donde se han producido una serie de efectos negativos a la calidad del agua por presencia de metales pesados; seleccionando como unidades de análisis las subcuencas del río Blanco y de la quebrada Párac afluentes principales del río San Mateo “llamado también Alto Rímac” por la margen izquierda.

El inicio de la actividad minera en San Mateo se remonta a la década de los años 30 a través de la fundición de Tamboraque con la empresa “Negociaciones Minera Tamboraque” la cual procesaba mineral de las minas Germania, Silveria, Huascar, Perú y San Miguel provenientes de Pacococha, Viso y Morococha.

En el Gobierno de Leguía - época en que se brindó grandes facilidades a la inversión minera “Negociaciones Minera Tamboraque” de propiedad de Lizandro Proaño amplió su capacidad de producción con el tratamiento de 200 toneladas métricas diarias de

mineral provenientes de las minas de Sociedad Minera Párac, ubicadas en la región de Aruri y Viso, iniciándose un enfrentamiento con el pueblo por los problemas de contaminación ambiental.

Actualmente la minería polimetálica es la actividad predominante en el distrito donde se explota principalmente cobre, plomo, zinc y plata siendo la planta de Beneficio de Tamboraque la que tiene mayor capacidad de producción en la zona y la que cuenta con mayor trayectoria histórica en el distrito de San Mateo.

El distrito de San Mateo cuenta con una población de 5280 habitantes conformado por 05 comunidades campesinas: San Mateo de Huanchor, San Antonio, San Miguel de Viso, San José de Párac y Yuracmayo; siendo los grupos etéreos de mayor población los comprendidos entre los 20 a 24 años y de 10 a 14 años con 565 y 562 habitantes respectivamente; además el 14% de las viviendas no tiene acceso al agua potable viéndose en la obligación de utilizar agua de los ríos , acequias o manantiales.<sup>3</sup>

El segmento poblacional que no tiene acceso al agua potable está en constante riesgo toxicológico por el consumo de agua de cuerpos superficiales que no son aptos para el consumo humano; motivo por el que la presente tesis de investigación presentará una propuesta técnica económica para optimizar la gestión del recurso hídrico en la zona; beneficiando así a 860 viviendas (14%) a través de un manejo y planificación integral del recurso hídrico.

## **1.2 Antecedentes**

En 1981, el Ministerio de Salud a través de la División de Preservación del Medio Ambiente realizó el “Estudio de contaminación y preservación del río Rímac OSASA”, teniendo 13 estaciones de muestreo, 06 de las cuales estaban ubicadas en el distrito de San Mateo, iniciándose en la bocatoma de la laguna Ticticocha seguida de las estaciones: Puente Anchi II, Puente San Mateo, Puente Tamboraque II, Bocatoma Hidroeléctrica Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso.

---

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Lima.

En 1986, Ricardo A. Rojas presentó a la Reunión Interamericana sobre el Control De Vertimientos de Sustancias Tóxicas en Sao Paulo el estudio: “Contaminación del río Rímac por Metales Pesados provenientes de la Industria Minera”, en donde se indicó que las aguas del río San Mateo y de la quebrada Párac presentaban cantidades significativas de plomo y zinc y que sus aguas presentaban un incremento de estos metales aun cuando pasaban por lugares en donde no se observaba la descarga de vertimientos.

Del estudio se tuvieron como conclusiones principales las siguientes: a) La actividad minera (efluentes líquidos y relaveras) aporta cantidades significativas de metales pesados y productos de origen orgánico a las aguas del río Rímac. b) El impacto de las aguas de mina es muy diferente al ocasionado por los relaves en un cuerpo receptor ya que las primeras presentan en su totalidad metales en disolución. c) El impacto de los productos químicos en las especies ictiológicas resultó ser menos severo de lo que se tenía previsto al inicio del estudio.

En 1997, el Ministerio de Energía y Minas, realizó la “Evaluación Ambiental Territorial de la cuenca del río Rímac”, en donde se llegaron a las siguientes conclusiones: a) La actividad minero metalúrgica se concentra principalmente en las provincias de Huarochirí y Lima, siendo uno de los distritos de mayor concentración el de San Mateo (ámbito de estudio). b) La mayoría de las operaciones mineras generan drenaje ácido, teniendo como fuentes principales los drenajes de mina, lixiviados de relaves y roca de desmonte y otras mineralizaciones de sulfatos expuestas. c) La actividad minera contribuyen en gran medida con sedimentos que se vierten al río, así como con filtraciones y derrames de hidrocarburos, materiales peligrosos y desagües no tratados. d) La cuenca de río Rímac tiene la capacidad de poder neutralizar el drenaje ácido debido a la disolución de carbonatos en las rocas del lecho que existen en la cuenca del río Rímac.

En 1998, Oscar Guillén G.; Víctor Cóndor E; Mario Gonzáles T. y Silvia Iglesias L. a través del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, publicaron

la revista “Contaminación de las aguas del Río Rímac: Trazas de Metales” concluyendo que los promedios anuales del plomo y el cadmio desde el año 1982 hasta 1993 se encontraron por encima de los niveles permisibles establecidos en la Ley General de Aguas; asimismo que el zinc y el cobre se encontraron por debajo de los niveles permisibles de la referida ley.

A partir del año 1999, la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, como parte de su programa de control y vigilancia de los recursos hídricos monitorea la cuenca del río Rímac con aproximadamente 23 estaciones desde la bocatoma de la laguna Ticticocha ubicada en la Carretera Central Km 127 hasta su desembocadura en el Río Rímac, puente Gambeta – Callao, con la finalidad de tener un control de la calidad de las aguas en función a la normatividad legal; para lo cual se han tomado muestras de parámetros físicos, químicos y biológicos con una frecuencia mensual teniendo como principales indicadores: pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos totales disueltos, plomo, cadmio, cobre, cromo, zinc, fierro, manganeso, arsénico, coliformes termotolerantes, coliformes totales y escherichia coli.

Entre los años 1999 al 2000, la Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental – OACA, elaboró el Plan de Gestión Ambiental para el Desarrollo Sustentable del distrito de San Mateo de Huanchor, en donde se realizó un monitoreo comunitario de calidad de aguas; de dicho estudio se llegaron a las siguientes conclusiones: a) En la subcuenca del Viso (microcuenca del río Rímac) se han detectado quebradas que presentan valores muy altos de conductividad eléctrica lo cual indica altos contenidos de sales en solución, b) Las aguas de las microcuencas del Párac y Viso tienen pH ácidos debido a las descargas provenientes de la actividad minera, c) Los nutrientes en el agua se encuentran por debajo del límite permisible, d) La presencia de nitratos, amonios y fosfatos se debe a la actividad agrícola, y e) Los metales pesados se encuentran presentes en el agua debido a la actividad minera preponderante en la cuenca alta del Rímac.

En estos mismos años, William T. de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Escuela Profesional de Química y Olivera P. del Departamento de Química – IPEN, realizaron el estudio: “Determinación

de Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn y As en aguas del río Rímac por fluorescencia de rayos-x en reflexión total”, donde se analizaron muestras de agua a lo largo de toda la cuenca del río Rímac, llegando a las siguientes conclusiones: a) El fierro y el zinc fueron los elementos de mayor concentración, b) El arsénico estuvo presente en algunas estaciones en concentraciones altas, c) Se señaló que había un comportamiento de dependencia entre la concentración de metales pesados y la presencia de zonas mineras; sin embargo las concentraciones altas de fierro y zinc fueron encontradas en estaciones alejadas de centros y establecimientos mineros indicando que podrían deberse a otros factores tales como el desplazamiento de los sedimentos por las corrientes del río o las características del suelo.

En mayo del año 2000, el autor Ruperto Cáceda Vidal presentó su libro titulado: “La lucha del pueblo de San Mateo de Huanchor en defensa de la ecología y el medio ambiente en el Perú”, un documento que narra los constantes enfrentamientos de la población de San Mateo desde la década de los años 30 en contra de las empresas mineras que operaban en la zona, enfatizando el caso de los humos de la fundición Tamboraque de propiedad de Lizandro Proaño, el cual fue reconocido por la alcaldía de la municipalidad distrital como un valioso aporte a la historia del distrito de San Mateo.

El Grupo de Análisis para el desarrollo – GRADE, en agosto del 2002, realizó una investigación sobre política y legislación ambiental titulada: “Participación Comunitaria en el Monitoreo de las Actividades Mineras: Los casos de Vicos y San Mateo de Huanchor, un documento que aborda varios temas, pero en cuanto a la calidad del agua, atribuye que el problema de la contaminación del agua se origina en la parte alta de la cuenca del Rímac, citando como ejemplo un canal de desfogue de aguas ácidas proveniente de la mina Casapalca, asimismo refiere que la actividad minera es aportante en gran medida de sólidos en suspensión por lo que se evidencia alta turbidez y un color oscuro en las aguas. En líneas generales este estudio toma datos de monitoreo tanto de DIGESA como de otras instituciones ubicadas a lo largo de la cuenca en donde concluyen que el pH del agua superficial es alcalino y que sus principales problemas son las sustancias metálicas como aluminio, trazas de fierro, arsénico, plomo así como de sulfatos debido a la descarga de drenaje ácidos sin tratamiento.



En septiembre de 2005, el Instituto de Salud y Trabajo – ISAT, presentó los resultados de un estudio de caso realizado en los poblados de Máyoc y Daza, ubicados en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, ya que estos poblados se encontraban ubicados muy cerca de la cancha de relaves tóxicos de Máyoc. El objetivo principal del estudio era determinar el efecto que tenían el plomo y el arsénico en la salud de los pobladores, concluyéndose en términos generales que se evidenciaban daños en la salud física y mental por efectos de estos metales.

En el año 2005, SEDAPAL inicia su programa de monitoreo de calidad de aguas en estaciones diferentes a las de DIGESA utilizadas para sus propios fines.

### **1.3 Planteamiento Del Problema**

El distrito de San Mateo está ubicado en la cuenca alta del río Rímac donde existe una intensa actividad minera polimetálica en la cual se explota plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio; de modo que un gran volumen de vertimientos que se generan tienen que ser evacuados, algunos de ellos directamente al río, otros a través de canchas de relaves y otros por medio de canales.<sup>4</sup>

Las fuentes típicas de contaminación del agua son las siguientes:<sup>5</sup>

- Drenajes de mina.
- Lixiviados de relaves y roca de desmonte.
- Mineralizaciones de sulfatos expuestas.
- Liberación de sedimentos al sistema del río.
- Filtraciones, derrames de hidrocarburos y otros materiales peligrosos.
- Vertimiento de desagües no tratados.

En la zona de San Mateo, se han realizado muestreos del agua del río Rímac por parte de DIGESA a través del Área de Protección de los Recursos Hídricos, en donde se han

---

<sup>4</sup> Ministerio de Salud. (2008). Río Rímac y Tributarios Principales. Lima. Pág.1.

<sup>5</sup> Ministerio de Energía y Minas. (1997). Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del río Rímac. Lima.

tomado diversas muestras de metales pesados para determinar su concentración en el agua, de donde se han obtenido los siguientes resultados. Para el año 2000 el parámetro plomo presentó riesgo alto en las estaciones Puente Anchi, Puente Tamboraque, Bocatoma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores promedios anuales de 0.418, 0.223, 0.242 y 0.114 mg/L respectivamente; y riesgo moderado en la estación Puente Pite con un valor de 0.188; el parámetro arsénico presentó riesgo moderado en las estaciones Puente Anchi, Bocatoma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.132, 0.228 y 0.200 mg/L respectivamente; y el parámetro cadmio presentó riesgo alto en la estación Bocatoma Pablo Bonner con un valor de 0.125 mg/L.

Para el año 2001, el parámetro plomo presentó riesgo alto en las estaciones Puente Anchi, Puente Pite, Puente Tamboraque, Bocatoma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.292, 0.054, 0.112, 0.104 y 0.115 mg/L respectivamente; el arsénico presentó riesgo moderado en las estaciones Puente Anchi y Puente Tambo de Viso con valores de 0.093 y 0.133 mg/L.

En el año 2002, el plomo presentó riesgo alto en las estaciones Puente Anchi, Puente Pite, Puente Tamboraque, Bocatoma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.172, 0.086, 0.060, 0.951 y 0.060 mg/L.

En el año 2003, el plomo presentó un riesgo alto en la estación Puente Anchi con un valor de 0.279 mg/L y un riesgo moderado en las estaciones Puente Pite y Puente Tambo de Viso con valores de 0.126 y 0.056 mg/L.

En el año 2004, el plomo presentó un riesgo moderado en las estaciones Puente Anchi, Puente Pite, Río Aruri – Río Rímac, Toma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.119, 0.073, 0.047, 0.063 y 0.082 mg/L respectivamente.

En el año 2005, el plomo presentó riesgo alto en las estaciones Puente Anchi y Puente Pite con valores de 0.122 y 0.054 mg/L; y un riesgo moderado en las estaciones Río Blanco, Puente Tamboraque, Río Aruri – Río Rímac, Toma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.051, 0.039, 0.036, 0.051 y 0.046 mg/L respectivamente.

En el año 2006, el cadmio presentó riesgo alto en la estación Puente Tambo de Viso con un valor de 0.012 mg/L y un riesgo moderado en las estaciones Puente Tamboraque y Río Aruri-Río Rímac con valores de 0.010 mg/L en cada estación. Asimismo el plomo presentó riesgo alto en las estaciones Puente Anchi, Puente Pite y Puente Tambo de Viso con valores de 0.071, 0.059 y 0.058 mg/L respectivamente y riesgo moderado en las estaciones Puente Tamboraque y Toma Pablo Bonner con valores de 0.044 y 0.082 mg/L.

En el año 2007, el cadmio presentó riesgo moderado en las estaciones Puente Anchi y Puente Tambo de Viso con valores de 0.0107 y 0.0110 mg/L; el plomo presentó riesgo moderado en las estaciones Puente Anchi, Puente Pite, Río Aruri-Río Rímac, Toma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.0659, 0.0388, 0.0561, 0.0405 y 0.0881 mg/L respectivamente; el arsénico presentó riesgo alto en la estación Puente tambo de Viso con un valor de 0.6126 mg/L y riesgo moderado en la estación Río Aruri-Río Rímac con un valor de 0.0625 mg/L.

Para el año 2008, el cadmio presentó riesgo moderado en las estaciones río Aruri-Río Rímac, Toma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.0110, 0.0105 y 0.0109 mg/L respectivamente; el plomo presentó riesgo moderado en las estaciones Río Blanco, Puente Anchi, Puente Pite, Puente Tamboraque, Río Aruri-Río Rímac, Toma Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso con valores de 0.0492, 0.0600, 0.0359, 0.0328, 0.0489, 0.0422 y 0.0365 mg/L respectivamente.

Todos los valores promedio anuales mencionados se encuentran por encima de lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM para la categoría IV: Conservación del Ambiente Acuático en Ríos de la Costa y de la Sierra, siendo el límite del plomo 0.001 mg/L, del cadmio 0.004 mg/L y del arsénico 0.05 mg/L.

De lo mencionado se concluye que el río Rímac es influenciado en su calidad de aguas por la actividad minera, presentando concentraciones de metales pesados por encima de los estándares de calidad ambiental – ECAs, establecidos por el Ministerio del

Ambiente en el D.S. N° 002-2008-MINAM el cual empezó a regir desde el primero de enero del año 2009.

## **1.4 Objetivos**

La tesis de investigación tiene los siguientes objetivos:

### **Objetivo General:**

- Analizar el grado de alteración causado por la actividad minera en la calidad del agua del río Rímac en el sector de San Mateo.

### **Objetivos Específicos:**

- Conocer el impacto real que tienen los efluentes mineros en la calidad del agua del río Rímac – sector San Mateo.
- Establecer la influencia de los factores físicos, químicos y biológicos en la calidad del agua del río Rímac – sector San Mateo.

## **1.5 Hipótesis**

La tesis de investigación tiene las siguientes hipótesis:

### **Hipótesis General:**

- H1: El recurso agua en la zona de San Mateo ha sido alterado en su calidad producto de las actividades mineras, lo cual ha generado un impacto ambiental negativo.

### **Hipótesis Secundarias:**

- H2: Los efluentes mineros son el aspecto que altera en gran medida la calidad del agua del río Rímac en el sector de San Mateo.
- H3: Los factores físicos, químicos y biológicos favorecen la presencia de metales pesados en las aguas del río Rímac en el sector de San Mateo.

## **1.6 Metodología**

La presente tesis se define como Descriptiva – Aplicativa; desarrollada en cuatro etapas de trabajo teniendo para cada una de ellas su propia metodología de estudio como se indica a continuación.

### **Metodología de Revisión /Recopilación de Información**

La primera etapa de trabajo comprende la recopilación de la información correspondiente al área de estudio tanto en gabinete como en campo. La información obtenida en gabinete incluye estudios de entidades públicas como la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, el Ministerio de Energía y Minas – MEM, el Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAM, la Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental – OACA, el Grupo de Análisis para el desarrollo – GRADE, el Instituto de Salud y Trabajo – ISAT, así como de autores de revistas científicas de universidades nacionales y trabajos publicados en la zona de estudio.

Los mapas utilizados durante esta primera fase de trabajo han sido los publicados en las entidades nacionales mencionadas anteriormente en cada uno de sus estudios y/o publicaciones.

En esta fase de trabajo se tiene como fuentes de estudio la información recopilada en campo y los trabajos publicados por diversas entidades en la zona de estudio; utilizando para la sistematización de la información fichas bibliográficas, fichas de lectura, fichas resumen de trabajos y/estudios, diagramas de secuencia, organigramas entre los más importantes.

### **Metodología de Trabajo de Campo**

El trabajo de campo comprende los muestreos de agua en los cuerpos receptores o en los vertimientos para obtener información actual del estado de la calidad del agua de la zona de estudio a fin de poder tener un punto de comparación con los resultados obtenidos en años anteriores.

Para esta etapa de trabajo se utilizará el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas en el cual se indican las pautas y lineamientos a seguir para la toma de muestras en áreas de influencia de la actividad minera, así como las especificaciones e instrucciones establecidas por el laboratorio donde se analizarán las muestras; en donde se debe considerar los siguientes aspectos:

- Elección de los puntos de muestreo de acuerdo a la ubicación geográfica y a la representatividad de la muestra.
- Selección de los parámetros de muestreo: orgánicos e inorgánicos.
- Preparación de los materiales y equipos para el muestreo.
- Instrucciones para el llenado de la cadena de custodia.
- Mediciones en campo.
- Especificaciones para las muestras en función a lo establecido para cada parámetro: filtrado, tipo de preservante, reactivos, temperatura y tiempo de preservación.
- Instrucciones para el envío de las muestras al laboratorio: rotulado y embarque.

### **Metodología de Análisis de Muestras**

El análisis de las muestras se realizará en un laboratorio certificado que emplee procedimientos estándar con lo cual se pueda tener precisión y exactitud en los resultados. Entre los procedimientos utilizados para el análisis de las muestras tenemos los de la APHA (American Public Health Association – Asociación de Salud Pública Americana) y los de la EPA (Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental).

### **Metodología para la elaboración del Informe Final**

La elaboración del informe final consistirá en el análisis y procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores tanto cualitativa como cuantitativa, para luego realizar la interpretación, discusión de los resultados y el planteamiento de una propuesta final; en la cual se utilizará como elemento decisivo para el análisis de la calidad del agua los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobados según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM del 31 de julio del 2008 en función a las categorías 1: Poblacional y Recreacional, categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales y categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

### **1.7 Marco Legal**

Antes de desarrollar el marco legal nacional respecto al tema ambiental es necesario hacer referencia que en los últimos 40 años se han realizado una serie de foros y encuentros internacionales en los cuales se ha destacado la importancia del agua en la vida económica de los países en los cuales el Perú tuvo una participación activa en donde a través de diferentes iniciativas de la comunidad internacional se establecieron una serie de principios y mecanismos para un manejo sostenible del recurso hídrico, lo cual ha permitido llegar al estado actual de la gestión del agua en el Perú y son los siguientes:

#### **- Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente. Estocolmo 1972.**

En esta conferencia se establecieron criterios y principios comunes para preservar y mejorar el medio ambiente humano, entre los cuales cabe resaltar los siguientes principios: El Principio 2: Que establece que los recursos naturales incluido el agua deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación y ordenación de los recursos; el Principio 7: Que establece que los Estados deben tomar las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que pongan en peligro la salud del hombre y la vida marina y el Principio 17: Que establece que las instituciones nacionales deben tener competencia para planificar, administrar y controlar la utilización de los recursos ambientales de los estados con el fin de mejorar la calidad del medio ambiente.

**- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Mar de Plata Argentina 1977.**

En esta conferencia se realizaron debates internacionales sobre la problemática del agua, teniendo como temas la evaluación de los recursos hídricos mundiales, el uso racional del agua, la lucha contra la contaminación, las políticas y la legislación, el control de pérdidas por inundaciones y sequías, la concientización del público y la cooperación regional e internacional, donde finalmente se elaboró el Plan de Acción de Mar del Plata el cual es un documento que contiene los objetivos planteados y las acciones a seguir en el corto y mediano plazo, siendo dichos objetivos los siguientes: Gestión Integrada del Recurso Agua y Manejo de Desechos, Gestión Racional de los Productos Químicos y la Salud Ambiental de los Niños.

**- Conferencia Internacional Sobre el Agua y el Medio Ambiente. Dublín Irlanda 1992.**

En la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible se establecieron acciones concertadas para invertir las actuales tendencias de consumo excesivo del agua, de la contaminación y de las amenazas derivadas de las sequías e inundaciones, teniendo como base cuatro principios rectores que consistían en el carácter finito y vulnerable del agua, el aprovechamiento y la gestión del agua basada en la planificación y la participación de todos los niveles, el rol de la mujer en la gestión y protección del agua y en el valor económico del agua; a través de los cuales se formularon recomendaciones para que los países puedan afrontar la problemática del recurso hídrico.

**- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro Brasil 1992.**

Esta conferencia denominada también “Cumbre de la Tierra” tuvo como objetivo establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, con la finalidad de alcanzar acuerdos internacionales que protejan la integridad del sistema ambiental basados en una serie de principios que reconocen la naturaleza integral e interdependiente del planeta Tierra. De esta Cumbre se obtuvieron



como documentos la Declaración de Río y la Agenda 21 los cuales tratan ampliamente el tema del “Desarrollo Sostenible” siendo este percibido en una base tridimensional económica social y ambiental considerado como modelo de desarrollo futuro que se debe impulsar. Asimismo en esta conferencia fueron aprobados el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Convenio sobre el Cambio Climático. Es necesario mencionar que el Capítulo 18 de la Agenda 21 trata el tema de la “Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce” donde se proponen una serie de programas para la gestión de estos recursos los cuales están enmarcados en la evaluación, protección y calidad de los recursos hídricos.

**- Primer Foro Mundial del Agua. Marruecos 1997.**

Este Primer Foro desarrolló una visión para el siglo 21 sobre el agua, la vida y el medio, no permitiendo que se trate el tema del agua como un bien comerciable sino mas bien en otros ejes temáticos tales como: agua y saneamiento, administración compartida del agua, conservación de los ecosistemas, igualdad de géneros y utilización eficiente del agua. Este foro es realizado cada tres años, llevándose a cabo el Segundo Foro en la Haya en el año 2000 teniendo como temas: Agua para la gente, agua para la producción de alimentos, agua para el ambiente, el agua en los ríos, soberanía, trasvases y educación. El Tercer Foro fue realizado en Kioto Japón en el año 2003 donde se realizó la Primera edición del informe sobre el Desarrollo del Agua a nivel Mundial y el Cuarto Foro se realizó en México en el 2006 el cual tuvo como tema central: “Acciones locales para un reto global” desarrollándose en cinco ejes temáticos: (1) Agua para el Crecimiento y Desarrollo, (2) Instrumentación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, (3) Agua y Saneamiento para Todos, (4) Agua para la Alimentación y el Medio Ambiente y (5) Manejo de Riesgos, los cuales fueron analizados por diversos actores presentes en el evento.

**- Cumbre Mundial Sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo Sudáfrica 2002.**

En esta Cumbre se tuvieron como resultados dos documentos importantes: La “Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible” y el “Plan de Aplicación de Johannesburgo” en el cual se promueve la integración de los tres

componentes bases del desarrollo sostenible que son el desarrollo económico, social y la protección del ambiente. Asimismo se reconoce que para alcanzar el desarrollo sostenible es necesario lograr la erradicación de la pobreza, el cambio de los patrones insostenibles de producción y consumo y la protección y gestión de los recursos naturales. En el Plan también se establecieron una serie de compromisos siendo uno de ellos la reducción a la mitad para el año 2015 de la cantidad de personas que no tienen acceso al agua potable y a los servicios básicos de salud.

Respecto a la contaminación del ambiente producto de las actividades económicas se propone que se debe manejar los recursos naturales de una manera sostenible e integrada para tratar de revertir la tendencia actual de degradación.

A continuación se desarrolla el marco legal nacional relativo al Recurso Hídrico y a la Calidad del Agua por ser esta la legislación vinculante al tema de estudio de la presente tesis.

#### ▪ **Del recurso hídrico**

***Decreto Legislativo N° 1083. Decreto legislativo que promueve el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos. Publicado el 28 de junio de 2008.***

El presente decreto legislativo tiene por objeto establecer el marco normativo para promover el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente entre todos los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, pública o privada. La Autoridad Nacional del Agua - ANA establece los parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos, los cuales son requerimientos mínimos y máximos aplicables a cada forma y tipo de uso del recurso. Asimismo la ANA otorga Certificados De Eficiencia en la cual certifica el aprovechamiento eficiente, así como Certificados De Creatividad, Innovación e Implementación para la Eficiencia del Uso del Agua. Los incentivos institucionales que promueve la ANA son: concursos de mejores prácticas, pasantías, premios, difusión de experiencias exitosas y promoción del uso de equipos y tecnologías innovadoras. Para los usuarios y operadores que no cumplan con los

parámetros de eficiencia deberán presentar un Plan de Adecuación para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos hasta cumplir en un periodo no mayor de 5 años con los parámetros exigidos. La ANA promueve la reversión de los excedentes de los recursos hídricos así como la reutilización de los mismos.

***Resolución Jefatural N° 0015-2009-ANA. Encargan a diversos profesionales las funciones de administradores locales del agua. Publicado el 29 de enero de 2009.***

En esta resolución se han designado a los profesionales encargados de la administración local del agua, quienes son los mismos profesionales que fueron designados como Administradores Técnicos de Distritos de Riego, para garantizar el adecuado funcionamiento de la Autoridad Nacional del Agua.

***Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos. Publicado el 31 de marzo de 2009.***

La presente ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, la cual se basa en los principios de: valoración del agua, prioridad en el acceso del agua, participación de la población y cultura del agua, seguridad jurídica, respeto de los usos del agua por las comunidades campesinas y nativas, sostenibilidad, descentralización, precaución, eficiencia, gestión integrada y tutela jurídica; para lo cual se ha creado el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, siendo la ANA el ente rector y la máxima autoridad técnico normativa la cual está conformada por: Consejo Directivo, Jefatura, Tribunal de Resolución de Controversias Hídricas, Órganos de Apoyo, Órganos Desconcentrados denominados Autoridades Administrativas del Agua y Administradores Locales del Agua.

La retribución económica del agua se ha fijado para su uso así como para su vertimiento; las tarifas han sido fijadas por la utilización de infraestructura hidráulica mayor y menor, por el servicio de monitoreo y por la gestión de las aguas subterráneas.

Cabe mencionar que la presente ley derogó el Decreto Ley N° 17752. Ley General de Aguas y el Decreto Supremo 261-69-AP Reglamento de la Ley General de Aguas.

***Resolución Jefatural N° 0201-2009-ANA. Establecen disposiciones para la implementación de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, en cuanto se refiere al establecimiento del valor y cobranza de las retribuciones económicas por el uso del agua para el 2009. Publicado el 16 de abril de 2009.***

En la presente resolución se establecen disposiciones para la implementación de la retribución económica por el uso del agua superficial para el 2009, las cuales dependerán de los fines del uso del agua (industriales, mineros, poblacionales o agrícolas) y de la clasificación de la administración local del agua en función a sus tasas de disponibilidad del recurso hídrico; las cuales están fijadas en nuevos soles por metro cúbico de agua. Además se señala que la retribución económica que abonaran las organizaciones comunales encargadas de la prestación de servicios de saneamiento será de S/ 50.00 nuevos soles y que para el cobro del agua con fines mineros, la Administración Local del Agua, emitirá recibos por dicho uso; debiéndose realizar un pago previo al uso del agua (por el respectivo volumen solicitado) y un pago posterior al uso del agua. El incumplimiento de dichos pagos estará sujeto a un interés moratorio simple mensual del 1% del monto total de la retribución o en su defecto cortes de agua y/o procedimientos de cobranza coactiva.

***Resolución Jefatural N° 0250 –2009-ANA. Dan conformidad a la Versión Definitiva de la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos elaborada por la Comisión Técnica Multisectorial creada por R.M. N° 051-2007-PCM. Publicado el 13 de mayo de 2009.***

La Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos está basada en 12 ejes temáticos cada uno de los cuales tiene sus objetivos específicos, acciones estratégicas y sus fases de implementación; y son los siguientes:

1. Marco Jurídico e Institucional.
2. Derechos de Uso de Agua.
3. Calidad del Agua.
4. Recursos Humanos, Desarrollo de Capacidades y Cultura del Agua.
5. Información de Recursos Hídricos.
6. Infraestructura Hidráulica: multisectorial y sectorial.
7. Planeamiento de Recursos Hídricos.

8. Inversión y Financiamiento.
9. Actividades Sectoriales: vivienda, agricultura, industria, minería y energía.
10. Conservación de Ecosistemas.
11. Cuencas Transfronterizas.
12. Prevención de Riesgos, Mitigación de Impactos y Adaptación al Cambio Climático.

Las fases de implementación de las acciones estratégicas de cada uno de los ejes temáticos han sido establecidas en los siguientes plazos: La primera fase que corresponde al período del 2009 al 2010, la segunda fase desde el 2011 hasta el 2015 y la tercera fase desde el 2016 hasta el 2020.

#### ▪ De la calidad del agua

***Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM. Aprueban los Niveles Máximos Permisibles de Emisión de efluentes líquidos para las actividades minerometalúrgicas. Publicado el 13 de enero de 1996.***

En esta resolución se establecen los niveles máximos permisibles para las unidades minerometalúrgicas los cuales se encuentran en el Anexo I de dicha resolución y para las unidades mineras en operación o que reinicien operaciones se encuentran en el Anexo II, teniendo como parámetros de control el pH, sólidos suspendidos, plomo, cobre, zinc, fierro, arsénico y cianuro total con diferentes concentraciones para cada anexo.

***Resolución Directoral N° 281-2007-MEM/AAM. Guía para la evaluación de Impactos en la calidad de las aguas superficiales por actividades Minero metalúrgicas. Publicado el 07 de septiembre de 2007.***

Esta guía ha sido diseñada para los responsables de las empresas mineras, consultores, funcionarios del Estado y para todas las personas e instituciones interesadas en la identificación, evaluación, prevención y mitigación del impacto de las actividades mineras sobre el recurso hídrico, la cual ha sido preparada por el equipo del Proyecto de Reforma del Sector Público Minero (PERCAN), bajo los auspicios de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI) para el Ministerio de Energía y Minas (MEM).

La guía desarrolla los principales aspectos relacionados con la preparación de la línea de base hidrológica y de calidad de agua, el modelamiento hidrológico y de calidad de agua, la evaluación de impactos en las aguas superficiales, con particular énfasis en el modelamiento numérico de los aspectos hidrológicos y de calidad de aguas.

***Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Publicado el 31 de julio de 2008.***

El presente decreto supremo aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en cuyos niveles de concentración no deberán representar riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Las categorías establecidas son las siguientes: Categoría 1: Poblacional y Recreacional, la cual se subdivide en 02 clases: aguas que pueden ser destinadas a la producción de agua potable y aguas destinadas a la recreación; Categoría 2: Actividades Marino Costeras, la cual se subdivide en 03 clases: aguas para la extracción y cultivo de moluscos bivalvos, aguas para la extracción y cultivos de otras especies hidrobiológicas y para otras actividades; Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales, se subdivide en 03 clases: riego de vegetales de tallo alto, riego de vegetales de tallo bajo y bebida de animales y la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, el cual está subdividido en 03 clases: lagunas y lagos, ríos y ecosistemas marino costeros; existiendo para cada categoría sus propios parámetros y concentraciones permitidas.

***Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM. Aprueban Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Publicado el 19 de diciembre de 2009.***

En el presente decreto supremo se aprueban las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua, en el cual se realizan precisiones respecto a las Categorías y Subcategorías de los ECA en función a los usos del agua.

En esta normativa se especifican criterios y consideraciones a tener para la asignación de categorías de los cuerpos de agua, la implementación de los ECAS en zonas intangibles, la delimitación de la zona de mezcla y los criterios y exigencias a tener para el vertimiento de efluentes en los cuerpos receptores, asimismo se indican los casos en que la aplicación de los ECAS requiere una excepción para lo cual se debe presentar estudios geoquímicos u otros estudios técnicos que demuestren que la presencia de elementos en el agua en concentraciones superiores a los ECAS se debe a condiciones naturales y no a actividades antropogénicas; finalmente se establecen las técnicas de análisis que deben ser utilizadas para el análisis de los parámetros organolépticos, físicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y microbiológicos establecidos en cada categoría de uso del agua.

Asimismo se cuenta con una serie de guías y protocolos que proporcionan los lineamientos para determinar la calidad del agua en el sector minero; entre ellos tenemos:

### **Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua<sup>7</sup>**

En este protocolo se establecen una serie de indicaciones para el monitoreo de calidad de aguas en operaciones mineras en los siguientes términos: Para la definición de las estaciones de muestreo el criterio básico es identificar el balance de agua de la propiedad minera, las fuentes posibles de contaminantes y seleccionar las estaciones que se encuentran aguas arriba y aguas debajo de cada fuente.

Para la simplificación de la ubicación de las estaciones se considera la ubicación de las operaciones unitarias pudiendo ser labores subterráneas, tajos, embalses de relaves, etc.

También se señalan indicaciones para: El análisis de la calidad del agua en cuanto a parámetros y frecuencia; para el muestreo en campo en lo referente a preparación de equipos e instrumentos analíticos, tipos de muestras, control de calidad en las mediciones de campo y el programa de campo (observaciones, toma de muestras, mediciones de campo, preservación de las muestras, rotulado, almacenamiento,

---

<sup>7</sup> Ministerio de Energía y Minas. (1994). Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua - Proyecto EMTAL. Lima.

manipuleo y embarque). Asimismo especifica criterios para los aspectos analíticos de selección del laboratorio, garantía de calidad y control de calidad, certificación y evaluación del laboratorio y finalmente indica la forma de proceder para el manejo de datos e informes.

### **Guía para la evaluación de impactos en la calidad de las aguas superficiales por actividades minerometalúrgicas<sup>8</sup>**

Esta guía proporciona los lineamientos acerca de la información que se debe considerar para poder realizar una evaluación de la calidad de las aguas superficiales afectadas por las actividades minerometalúrgicas que consiste básicamente en información de línea base hidrológica, línea base de calidad de agua, modelamiento hidrológico y modelamiento de calidad de aguas, para finalmente realizar la evaluación de impactos en las aguas superficiales.

---

<sup>8</sup> Ministerio de Energía y Minas. (2007). Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minerometalúrgicas. Lima.



## CAPÍTULO II. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra en el distrito de San Mateo el cual está ubicado en la provincia de Huarochirí perteneciente al departamento de Lima con una extensión promedio de 41 917 km<sup>2</sup> y un perímetro de 122 433.80 m. Su ubicación geográfica en coordenadas UTM y de acuerdo al Datum PSAD56 está comprendida en el siguiente cuadrángulo: Punto 1 (352 500 E, 8 710 000 N), Punto 2 (384 500 E, 8 710 000 N), Punto 3 (384 500 E, 8 683 000 N) y Punto 4 (352 500 E, 8 683 000 N) a una altitud promedio de 3 500 m.s.n.m. Limita por el norte con el distrito de Chicla; por el sur con los distritos de San Damian, Huarochirí, San Juan de Tantarache y San Lorenzo de Quinti; por el este con el distrito de Suitucancha y por el oeste con el distrito de Matucana. Hidrográficamente está localizado en la cuenca alta del río Rímac, teniendo como afluentes principales al río Blanco y la quebrada Párac ambos ubicados en la margen izquierda del río Rímac.

El acceso al área de estudio es a través de la carretera central partiendo desde Lima (tomando como referencia el Puente Santa Anita) pasando por los lugares de Chaclacayo, Cupiche, Cocachacra, Tornamesa, Surco, Matucana, Tambo de Viso y finalmente se llega a San Mateo lo cual comprende un recorrido de 96 Km aproximadamente en un tiempo de 3 a 4 horas en transporte público.

El acceso desde Junín tomando como referencia la capital de Huancayo es a través de la carretera central pasando por los lugares de la Oroya, Pachachaca, Morococha, Casapalca, Chicla, Río Blanco y San Mateo en un recorrido de 206 Km aproximadamente en un tiempo promedio de 5 horas. Cabe mencionar que los tiempos promedios indicados pueden variar dependiendo del día y la hora de viaje debido a la congestión vehicular principalmente de los vehículos de carga pesada y material peligroso que transitan por la vía lo cual puede hacer que el recorrido se prolongue por más tiempo.

Tanto la carretera central como el ferrocarril central constituyen las vías más importantes de comunicación con el distrito de San Mateo permitiendo la articulación comercial entre Lima Metropolitana y el centro del país.

Mapa 1

**Ubicación del Área de Estudio**

## **2.2 Delimitación del Área de Estudio**

El desarrollo de la presente tesis de investigación está referido a la calidad del agua; el criterio que se ha tenido en cuenta para la delimitación de las áreas de influencia está basado en el sistema hidrográfico del área de interés, es así que el área de influencia directa queda delimitada por el sistema hidrográfico comprendido dentro del distrito de San Mateo, el cual está conformado por el río Rímac y/o Río San Mateo y sus afluentes principales por la margen izquierda como el río Blanco y la quebrada Párac y por la margen derecha cada una de las quebradas de menor grado.

Para el área de influencia indirecta se ha considerado los tramos del río Rímac ubicados aguas arriba y aguas abajo fuera del distrito de San Mateo, como áreas que influyen en la calidad del agua del área de estudio.

## **2.3 Reseña Histórica Del Distrito De San Mateo**

De acuerdo a las referencias históricas los primeros habitantes del distrito de San Mateo eran de origen yunga o costeño por lo que se dedicaban a la actividad agrícola; quienes fueron invadidos por etnias de origen Aymara provenientes del altiplano entre los años 1200 a 1300 D.C las cuales se dedicaban a la caza, el pastoreo de camélidos y la minería realizando sus actividades con herramientas rudimentarias.

Décadas después por los años de 1870 con la construcción del ferrocarril y la carretera central se dio inicio al auge de la minería en San Mateo; es así que en 1875 el señor Lizandro Proaño inicia operaciones en la zona con la mina Tamboraque a través de la construcción de la Fundición del mismo nombre la cual trataba minerales provenientes de la unidad Coricancha. Asimismo durante estos años se hicieron presentes en la zona las empresas Peruvian Mining Smelting & Refining y Backus & Johnston con la construcción y puesta en operación de la Fundición Río Blanco y la Fundición Casapalca respectivamente.

El inicio de las operaciones del Complejo Metalúrgico La Oroya en el año de 1922 a través de las fundiciones de cobre y plomo causó la paralización de las refinerías

Tamboraque, Río Blanco y Casapalca en el año de 1934, acentuándose este hecho en Tamboraque por el enfrentamiento de la población en contra de la fundición de Negociación Minera Lizandro Proaño S.A (en adelante NMLPSA).

Una década después aproximadamente, se produce la creación del distrito de San Mateo a través del Decreto Ley 9390 con fecha 30 de septiembre de 1941, el cual está conformado por las comunidades campesinas de San Miguel de Viso, San Mateo de Huanchor, San José de Párac, San Antonio y Yuracmayo.

Durante este período la Mina Tamboraque reinicia sus operaciones con una planta concentradora de flotación de minerales de Pb, Cu y Zn con una capacidad de 200 TN/d la cual fue ampliada a 600 TN/d durante el año de 1996 con la aprobación de la Dirección General de Minería a través de una resolución directoral en la cual se contemplaba la construcción y operación de un depósito de relaves en la zona de Máyoc; siendo las empresas Kilborn Perú S.A y Tecnología de Proyectos S.A – Tecprosa las encargadas de su diseño en 1997. A fines del año siguiente el Ministerio de Energía y Minas (en adelante MEM) expide la licencia para la construcción y operación del depósito de relaves de Máyoc. Este hecho originó la denuncia de los pueblos de Glorieta de Máyoc y Daza (los más próximos a la ubicación del mencionado depósito) a las autoridades peruanas por lo que en mayo de 1999 la Municipalidad de San Mateo presentó una denuncia ante el Juez Mixto de Huarochirí contra NMLPSA por los problemas de contaminación que originaba la relavera de Máyoc. Como consecuencia de estas denuncias el 06 de julio de 1999, la Dirección General de Minería a través de la resolución directoral 110-99-EM/DGM resolvió paralizar las operaciones metalúrgicas de la planta de beneficio de Tamboraque y del depósito de relaves de Máyoc por no contar con las autorizaciones respectivas lo cual es un hecho contradictorio ya que el mismo ministerio otorgó la licencia de construcción y operación del mencionado depósito de relaves.

Ante estos sucesos, en octubre de este mismo año se crea la Comisión de Defensa de la Ecología y del Medio Ambiente – CODEMA, la cual presidió la primera movilización de la población en contra del depósito de relaves de Máyoc el 19 de mayo del 2000

motivo por el cual llegaron a la zona diversos representantes del estado originando que la Dirección General de Salud – DIGESA realizara la primera evaluación de salud en los pobladores de Máyoc.

En septiembre de este mismo año NMLPSA paralizó sus operaciones por problemas financieros asumiendo la titularidad de las operaciones la empresa Wiese Sudameris Leasing S.A (en adelante WSL) el 01 de enero del 2001.

En calidad de nuevo titular, WSL constituye la empresa Concentradora de Minerales Fortuna S.A.C la cual para un mejor manejo de las operaciones encarga la administración de la unidad de Tamboraque a la empresa Larizbeascoa & Zapata S.A.C (en adelante LYZ).

Una de las primeras medidas que realizó LYZ, fue la aplicación de un polímero supresor de polvo para controlar las emisiones provenientes de la relavera de Máyoc, hecho que no fue aprobado por el MEM ordenándose la paralización definitiva de la relavera. Ante esta negativa del ministerio, al año siguiente LYZ realizó la construcción de un cerco perimetral, la colocación de suelo local como base del depósito y la revegetación con plantas de la zona entre las medidas más importantes en el depósito de relaves.

No obstante de estas medidas, continuaron las quejas de la población y el 23 de febrero del 2003 el Comité de Afectados por la Minería de Máyoc y el Comité de Defensa de la Ecología y Medio Ambiente de San Mateo con el respaldo del CONACAMI (Consejo Directivo Nacional de la Confederación Nacional de Comunidades del Perú Afectadas por la Minería) presentaron una demanda al estado Peruano ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) de la OEA por violación a los derechos humanos de la comunidad de San Mateo de Huanchor.

En abril del 2003 fue amparada la demanda puesta al estado peruano considerando a la Comunidad de San Mateo de Huanchor como “Víctimas de la Contaminación Minera”, a través de un oficio hacia las autoridades del gobierno peruano para que tomen las medidas correctivas del caso.

En estas circunstancias el 25 de abril del 2003 mediante la resolución directoral 104-2003-DGM, el Ministerio de Energía y Minas multó a Wiese Sudameris Leasing con 210 UIT por incumplir con las medidas de emergencia ordenadas en la resolución directoral del 20/02/2003 las cuales consistían en realizar actividades inmediatas para mitigar el ingreso de los efluentes provenientes de los relaves hacia los cursos de agua del río Aruri y del río Rímac, con lo cual no se puso una solución definitiva para el traslado de los relaves fuera de Máyoc prolongándose el proceso de resolución del conflicto.

El 16 de diciembre del 2003 la municipalidad distrital de San Mateo, el Comité de Afectados por la Minería de Máyoc y la población en general realizaron una marcha hacia la ciudad de Matucana contra el Juez Mixto de Huarochirí en búsqueda de una sentencia judicial para viabilizar el proceso de retiro de los relaves de Máyoc, dándose como resultado la sentencia de cuatro años de prisión para el Gerente General de Minera Proaño y un pago de 100 000 soles de reparación civil para los agraviados, considerándose a WSL como tercer responsable.

En mayo del 2004, LYZ inició el traslado de los relaves tóxicos de Máyoc hacia la cancha 1 y 2 de Tamboraque generándose una confrontación con el MEM quien terminó suspendiendo el traslado por la falta de autorización para la remoción y traslado de los relaves fuera de Máyoc.

Durante este periodo en junio del 2004 llegaron a la zona de Máyoc Paul Hunt, Relator Especial de la ONU y “Dialogo Minero y Desarrollo Sostenible” con la presencia de prestigiosas personalidades del sector público, privado y ONGs. En julio del 2004 se reiteró a la CIDH de la OEA la solicitud de las Medidas Cautelares a favor de las Víctimas de la Contaminación de la Comunidad de San Mateo de Huanchor la que fue tramitada al Gobierno Peruano en agosto del 2004 dándole un plazo de seis meses para el traslado de los relaves tóxicos fuera de Máyoc en resguardo a la salud y a la vida de la población, medida que influyó decisivamente para que el MEM aceptara el traslado de los relaves fuera de Máyoc.

En el año 2005 se realizaron audiencias públicas en donde se determinó el traslado de los relaves de Máyoc a la cancha 1 y 2 de Tamboraque, mediante el método de Inertización propuesto por WSL y se solicitó al MEM la aprobación inmediata del Plan de Cierre Definitivo de los Relaves Tóxicos de Máyoc.

De acuerdo al Plan de Cierre del Depósito de Relaves de Máyoc del año 2005, el método de la Inertización tenía como propósito neutralizar la acidez y mitigar la posible lixiviación de metales a través del siguiente proceso: Humedecimiento del relave con una mezcla de agua y cal a fin de minimizar la generación de polvo hasta obtener una humedad promedio igual a  $10 + 2\%$  que es la humedad que asegura su compactación cuando se le trasladara al nuevo depósito. Luego en caso de que el relave quede expuesto al ambiente se deberá proceder a la incorporación manual y dosificada de cal y cemento en una proporción relave/cal/cemento igual a 10/1.0/1.0 en volumen lo cual se aplicará sobre la superficie del relave previamente humedecido luego de lo cual se procederá a efectuar el batido de dichos materiales mediante el uso de equipos mecánicos hasta lograr una mezcla uniforme. Finalmente se procederá a apilar la capa del relave homogenizado para su posterior carguío y traslado a su nuevo destino.

El 06 de julio del 2005, el MEM mediante la resolución directoral 230-2005, aprobó el Plan de Cierre Definitivo de la cancha de relaves de Máyoc presentado por WSL, iniciándose el traslado hacia las canchas I y II de Tamboraque el 06 de Setiembre del 2005.

En marzo de 2006, Wiese Sudameris Leasing celebró con Compañía Minera San Juan S.A un contrato de transferencia mediante el cual adquirió todas las concesiones del proyecto, siendo actualmente titular de Minera Tamboraque.

Respecto a la minería no metálica, a partir del año 2004 se hace presente en la zona la empresa Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A con su planta de beneficio Tonsuyoc para la extracción de arcillas la cual viene llevando a cabo sus operaciones en la comunidad de San José de Paráac.



## 2.4 Caracterización Ambiental

### 2.4.1 Clima

De acuerdo a la clasificación internacional del sistema Holdridge, el cual está basado en las características principales y valores cuantitativos climáticos de las zonas de vida, teniendo como factores climáticos fundamentales de medición la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental; el distrito de San Mateo está ubicado en la Zona de Vida Estepa Montano Tropical, la cual se distribuye geográficamente a lo largo del flanco occidental andino y a altitudes que varían entre los 2800 hasta los 4000 m.s.n.m caracterizado por tener un clima seco con una temperatura promedio de 12°C la cual es susceptible a variaciones de acuerdo a las diferencias de altura; las precipitaciones promedio anuales máximas son de 541.8 mm y las precipitaciones promedio anuales mínimas son de 244.5 mm, las cuales se presentan en los meses de diciembre a marzo representando el 70% de la precipitación total anual. La humedad promedio es del 60% y se registran ocurrencia de heladas en horas nocturnas entre los meses de mayo a octubre.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, ha desarrollado un Mapa de Clasificación Climática del Perú con información meteorológica de 20 años de registro desde 1965 a 1984, en donde considera los factores determinantes del clima tales como: la latitud geográfica, la altitud, la Cordillera de los Andes, la Corriente Fría Marítima Peruana, el Anticiclón del Pacífico Sur y la Continentalidad.

El SENAMHI cuenta con una estación meteorológica instalada en Matucana (latitud: 11° 50' 'S', longitud: 76° 22' 'W', altitud: 2479 m.s.n.m) la cual es la más cercana al distrito de San Mateo, por lo cual se le ha tomado como referencia para la descripción climática del área de estudio estableciéndose para esta zona un clima semiseco templado con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda, teniendo la siguiente codificación: C<sub>(o, i, p)</sub> B'<sub>2</sub> H<sub>3</sub>, donde C tiene la descripción de semiseco correspondiente a la precipitación efectiva, (o, i, p) se refiere a la distribución de la precipitación durante el año, B'<sub>2</sub> hace referencia a la temperatura templada y H<sub>3</sub> indica la humedad atmosférica.

De acuerdo a la data meteorológica proporcionada por esta institución, se indican a continuación los valores promedios, máximas, mínimas y valores representativos para cada parámetro meteorológico. Cabe mencionar que para los parámetros de precipitación, temperatura y humedad relativa el registro de datos estadísticos es de 25 años desde 1984 hasta el año 2008.

- Precipitación Total Mensual: Para estos años de registro, la precipitación mensual promedio máxima fue de 103.3 mm, la precipitación mensual promedio mínima fue de 0 mm y la precipitación mensual promedio fue de 26.5 mm. Las temporadas más lluviosas corresponden a los meses de enero a abril y de octubre a diciembre; la temporada menos lluviosa o seca se registra desde el mes de mayo hasta setiembre. Cabe mencionar que la máxima precipitación mensual se registró en febrero de 1984 con 196.8 mm; a partir de esta fecha la mayoría de los datos registrados se encuentran en el rango desde los 0 a 100 mm.
- Temperatura Media Mensual: Durante este período de información, la temperatura mensual promedio máxima fue de 16.2°C, la temperatura mensual promedio mínima fue de 14.5°C y la temperatura mensual promedio fue de 15.4°C. La mayoría de datos se encuentran en el rango de los 14 a 16°C.
- Humedad Relativa: En los 25 años de registro, la humedad mensual promedio máxima fue de 81.4%, la humedad mensual promedio mínima fue de 70.8% y la humedad mensual promedio fue de 75.9%. Los datos se encuentran concentrados entre los 60 y 90 % de humedad.
- Evaporación: Se tiene información de 11 años de registro, desde 1998 hasta el 2008. Durante estos años la evaporación promedio máxima fue de 128.1 mm, la evaporación mensual promedio mínima fue de 83.9 mm y la evaporación mensual promedio fue de 103.5 mm. Desde octubre de 1998 a febrero de 1999 se registraron los valores más altos de evaporación.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Tabla 1

**Precipitación Total Mensual (mm)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1984	34,1	196,8	86,5	10,5	1	1,8	0	0	0	20,5	29,2	73,4
1985	17,9	55,7	67,7	8,7	2,2	0	0	1,6	2,7	1,7	23,2	53,5
1986	100,8	74,2	60,7	22,8	4,9	0	0	4,1	0	3,7	10,6	37,1
1987	113	48,5	45,8	0	0	0	0	1,2	0,2	0	S/D	32,7
1988	64,7	70,6	44,8	36,8	6,1	0	0	0	0	0,9	0	47,5
1989	91,4	73,9	86,9	5	2,9	0	0	0	0	0	0	0
1990	52,2	4,9	19,7	1,9	6,1	0,3	0	0,6	0	13,4	36,4	43
1991	12,7	60,6	116,4	11,7	2,1	0	0	0	0	17,9	4,4	4,4
1992	29,2	25	101,8	26,6	0	0	0	0	0	32	4,4	21,9
1993	98,8	158,9	147,4	50,4	0	0	0	0	0	24	40	98,9
1994	64,9	95,3	45,6	33,2	2,6	0	0	0	0,5	0,3	12,4	51,6
1995	62,6	31,5	61,5	35,9	0	0	0	0	4,5	8,9	34	39,8
1996	72,5	80,6	87,9	27,2	0	0	0	0	0	0	4,7	7,2
1997	45,9	50,7	9,4	3,9	0	0	0	0	0	7,3	14,3	49,4
1998	91,6	111,4	122,9	17	0	0	0	2,5	2,2	0	0	19,9
1999	57,2	163,3	54,3	24,4	0	0	0	0	4	19,1	19,3	30,1
2000	82,5	105,3	67,8	21,9	5,6	0	0	0	0	17,1	0	50
2001	116,8	65,1	110,2	14,9	0	0	0	0	0	1,9	41,4	2,2
2002	17,8	74,3	61,9	32,4	6,2	0	0	0	3,7	S/D	22,2	42,9
2003	32,3	46	64,1	15,7	0	0	0	0	0	0	0,7	86,1
2004	10,1	74,4	57,8	31,1	0	3,6	0	S/D	0	6,3	22,5	92,7
2005	69,7	28,9	63,1	8,9	0	0	0	0	0	0	0	52,7
2006	83,1	67,2	129,7	52,2	0	0	0	0	0	2,3	16,3	74,8
2007	73,6	60,4	143,4	30	0	S/D	S/D	0	S/D	4	0	26,9
2008	75,5	112,2	72,2	14,2	S/D	0	S/D	0	S/D	3,2	13,3	36,5

Fuente: SENAMHI – Estación Matucana.

S/D: Sin dato.

**Tabla 2**

**Precipitación: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (mm)**

<b>AÑO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
1984	196,8	0	37,8
1985	67,7	0	19,6
1986	100,8	0	26,6
1987	113	0	21,9
1988	70,6	0	22,6
1989	91,4	0	21,7
1990	52,2	0	14,9
1991	116,4	0	19,2
1992	101,8	0	20,1
1993	158,9	0	51,5
1994	95,3	0	25,5
1995	62,6	0	23,2
1996	87,9	0	23,3
1997	50,7	0	15,1
1998	122,9	0	30,6
1999	163,3	0	31,0
2000	105,3	0	29,2
2001	116,8	0	29,4
2002	74,3	0	23,8
2003	86,1	0	20,4
2004	92,7	0	27,1
2005	69,7	0	18,6
2006	129,7	0	35,5
2007	143,4	0	37,6
2008	112,2	0	36,3
Valor Promedio	103.3	0	26.5

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

**Tabla 3**

**Temperatura Media Mensual (°C)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1984	14,5	14,5	14,7	14,3	14,5	14,6	14,2	13,9	15,1	16	14,4	15
1985	14	14,6	14,9	14,4	14,8	15,3	14,1	14,5	15,5	15,4	14,8	14,9
1986	15,1	14	14,7	15,4	15,1	14,8	15,1	15,4	16,3	15,8	16	15,7
1987	15,7	16	15,6	16,3	15,6	15,4	14,8	15,5	16,2	16,1	S/D	15,3
1988	14,5	15,5	15,1	14,7	14,9	14	13,9	13,6	14,9	15,5	15,2	14
1989	14,3	14	13,4	14,4	14,4	14,1	14,5	14,5	14,6	15,3	14,7	14,5
1990	15,4	15,4	15,8	15,8	15,1	15,7	14,5	15	15,4	15,5	15,6	15,8
1991	16,2	16	15,8	16,3	16,5	16,6	16,3	16,4	16,3	16,3	16,6	16,6
1992	16,7	16,9	16,7	16,8	17,1	17,2	17	16,7	16,8	16,6	16,7	16,7
1993	16,1	15,7	16,2	16,3	16,5	16,7	16,5	16,7	16,6	16,5	16,3	15,7
1994	16,1	15,8	16,2	16,2	16,3	15,1	15,9	15,8	16,3	16,3	16,2	15,9
1995	16,4	16,3	16,1	15,9	15,7	15,3	15	15,4	16	15,9	16,3	15,7
1996	15	14,9	14,8	15,7	15,7	15,2	14,7	15,2	16,1	16,4	15,7	15,9
1997	14,9	16	16,5	15,3	15,7	14,5	15,9	15,9	15,9	16,2	15,7	16,9
1998	16,8	16,5	16,3	16,7	16,5	15,5	14,5	14,3	15	15,5	14,6	14,6
1999	13,5	12,6	13,2	13,5	13,4	13	13	13,7	13,9	13,8	14,4	13,4
2000	12,3	12,4	12,8	13,5	14,5	15,1	14,8	15,2	14,9	16,5	15,3	15,8
2001	14,7	15,5	15	15,6	15,6	15,5	15	15,9	16	16,8	15,2	16,3
2002	15,8	15,3	15,7	15,4	15,8	15,2	15,2	16,2	16,2	S/D	16	16,5
2003	15,9	15,9	15,8	16,3	16	15,2	15,1	15,6	16,1	16,3	16,1	15,4
2004	15,4	15,2	16,3	15,5	15,6	15,6	14,6	14,8	16	15,6	15,7	15,3
2005	15,4	16	15,7	16,2	15,6	14,8	15,1	15,2	15,6	15,5	15,3	14,8
2006	15,4	15,6	15,3	15	14,9	15,2	15,3	15,8	16	16	16	15,8
2007	16,3	15,5	15,5	15,1	15,1	14,8	14,7	15,1	16,4	15,6	15,8	14,9
2008	14,6	14,3	14,2	14,8	14,5	14,9	14,7	14,8	15,8	16	15,5	14,9

Fuente: SENAMHI – Estación Matucana.

S/D: Sin dato.

Tabla 4

**Temperatura: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (°C)**

<b>AÑO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
1984	16	13,9	14,6
1985	15,5	14	14,8
1986	16,3	14	15,3
1987	16,3	14,8	15,7
1988	15,5	13,6	14,7
1989	15,3	13,4	14,4
1990	15,8	14,5	15,4
1991	16,6	15,8	16,3
1992	17,2	16,6	16,8
1993	16,7	15,7	16,3
1994	16,3	15,1	16,0
1995	16,4	15	15,8
1996	16,4	14,7	15,4
1997	16,9	14,5	15,8
1998	16,8	14,3	15,6
1999	14,4	12,6	13,5
2000	16,5	12,3	14,4
2001	16,8	14,7	15,6
2002	16,5	15,2	15,8
2003	16,3	15,1	15,8
2004	16,3	14,6	15,5
2005	16,2	14,8	15,4
2006	16	14,9	15,5
2007	16,4	14,7	15,4
2008	16	14,2	14,9
Valor Promedio	16,2	14,5	15,4

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Tabla 5

**Humedad Relativa Media Mensual (%)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1984	78	84	82	76	66	56	65	59	61	68	62	66
1985	74	87	78	78	69	66	67	72	65	63	66	77
1986	79	81	80	77	64	62	55	62	60	63	68	73
1987	79	78	76	74	67	63	64	66	65	68	S/D	71
1988	76	72	74	74	69	64	70	70	70	71	70	74
1989	75	80	80	75	76	71	72	71	69	72	73	72
1990	72	73	73	73	70	70	71	71	70	73	74	73
1991	73	75	78	73	73	72	72	73	72	73	71	72
1992	73	72	74	73	72	72	73	73	72	73	72	72
1993	74	76	72	73	72	72	72	72	72	73	73	75
1994	74	74	73	73	72	72	71	72	72	71	72	72
1995	73	71	72	72	72	72	83	81	81	84	83	83
1996	88	89	89	86	85	83	85	85	84	84	83	84
1997	87	86	85	84	84	83	82	81	82	81	83	85
1998	86	86	86	85	84	84	84	84	83	83	84	84
1999	85	86	86	85	85	84	85	84	84	86	84	86
2000	87	87	87	86	86	86	87	74	75	72	72	73
2001	80	81	75	70	66	71	67	74	69	74	73	73
2002	72	76	76	75	75	73	75	75	73	S/D	78	72
2003	75	76	76	75	72	75	73	70	72	74	74	79
2004	76	78	79	75	70	70	67	64	74	70	75	78
2005	75	79	79	74	63	75	72	78	72	72	69	78
2006	78	84	85	85	79	79	78	80	81	80	81	83
2007	83	83	84	85	81	80	79	81	80	82	82	83
2008	86	86	87	84	82	79	78	81	80	81	83	83

Fuente: SENAMHI – Estación Matucana.

S/D: Sin dato

Tabla 6

**Humedad: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (%)**

<b>AÑO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
1984	84	56	68,6
1985	87	63	71,8
1986	81	55	68,7
1987	79	63	70,1
1988	76	64	71,2
1989	80	69	73,8
1990	74	70	71,9
1991	78	71	73,1
1992	74	72	72,6
1993	76	72	73,0
1994	74	71	72,3
1995	84	71	77,3
1996	89	83	85,4
1997	87	81	83,6
1998	86	83	84,4
1999	86	84	85,0
2000	87	72	81,0
2001	81	66	72,8
2002	78	72	74,5
2003	79	70	74,3
2004	79	64	73,0
2005	79	63	73,8
2006	85	78	81,1
2007	85	79	81,9
2008	87	78	82,5
Valor Promedio	81,4	70,8	75,9

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.



**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Tabla 7

**Evaporación Total Mensual (mm)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1998	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	89,1	125,6	175,5	165,5	167,8
1999	135,9	164,9	112,4	129,4	119,9	116,7	135,9	136,2	115,3	106,5	100,4	91,7
2000	99,4	115,6	92,5	76,8	74,2	67,6	71,8	86,9	82,1	88	79,1	74,7
2001	107,3	94	138,8	63	92,7	84,3	92,7	98,9	78,4	99,2	S/D	99
2002	100,6	84,5	93,1	101,1	98,1	89,2	94,5	94,2	91,5	S/D	88,6	95,3
2003	99,4	84,7	95,8	88,4	93,1	90,7	94,1	94,2	91	93,1	91,7	98,5
2004	90,2	98,3	107,1	94	95,6	88,9	94,4	94,7	91,2	93,4	92,5	116,3
2005	111,1	90	108,7	91,3	S/D	S/D	S/D	93,5	95,3	96,1	95,6	92,2
2006	119,2	92,3	126,1	112,1	121	104,3	92,6	105,9	99,5	94,1	S/D	119,6
2007	118,7	103,9	141,5	102,2	94,9	102,4	103,7	105,2	109,7	94,9	96,6	94,6
2008	103	118,9	104,6	91,3	99,8	S/D	76	96,5	106,4	93,4	91,6	105,9

Fuente: SENAMHI – Estación Matucana.

S/D: Sin dato.

Tabla 8

**Evaporación: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (mm)**

AÑO	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
1998	175,5	89,1	144,7
1999	164,9	91,7	122,1
2000	115,6	67,6	84,1
2001	138,8	63	95,3
2002	101,1	84,5	93,7
2003	99,4	84,7	92,9
2004	116,3	88,9	96,4
2005	111,1	90	97,1
2006	126,1	92,3	107,9
2007	141,5	94,6	105,7
2008	118,9	76	98,9
Valor Promedio	128,1	83,9	103,5

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.

## **2.4.2 Geología**

### **2.4.2.1 Geología regional**

La geología regional para el área de estudio comprende dos sectores: El sector occidental que corresponde a una faja de terreno de 45 Km de ancho el cual se observa en la zona media y alta del Flanco Occidental Andino y el sector oriental que corresponde al NE del cuadrángulo de Matucana, con cotas que van desde los 800 m.s.n.m en los fondos de los valles hasta los 5 400 m.s.n.m en la línea Divisoria Continental.

A continuación se hace una descripción acerca de la evolución histórica de la secuencia estratigráfica desde los inicios del Paleozoico hasta la era del Cenozoico Superior.

#### Paleozoico:

La secuencia estratigráfica incluye unidades rocosas formadas desde el Paleozoico en el sector oriental y desde el Mesozoico en el sector occidental; siendo la secuencia más antigua el grupo Excelsior el cual constituye la base o núcleo de formación de las siguientes formaciones geológicas; presentando en su composición litológica lutitas pizarrosas negruzcas y areniscas esquistosas finamente estratificadas, presenta efectos de un metamorfismo regional causados por la tectónica herciniana que dio lugar a la formación de una secuencia pelítica en su estructura y de una fase erosiva intensa posterior a la fase tectónica Tardiherciniana lo cual se evidencia en una serie volcanoclástica que constituye el grupo Mitu.

Luego como consecuencia del ciclo orogénico hercínico en el curso del Paleozoico superior se formó una zona que funcionó hasta el Albiano inferior y que separó una cuenca occidental de otra oriental.

#### Mesozoico:

La sedimentación mesozoica se inició con una transgresión marina representada en la zona este por las calizas del grupo Pucará. Durante el Cretáceo inferior se desarrollaron dos facies de cuenca, la del sector occidental representada por las formaciones Chimú,

Santa, Carhuaz y Farrat y la del sector oriental con facies clástica arenocuarítica representada por el grupo Goyllarisquizga.

Luego debido a una transgresión general por hundimiento de la cuenca se dio lugar a la deposición de una secuencia calcárea constituida por las formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín.

A finales del Cretáceo y principios del Terciario con el levantamiento andino se dio lugar a la intrusión de grandes masas plutónicas que constituyen el Batolito Costanero, dando lugar en el sector oriental a la deposición de una secuencia molásica como la formación Casapalca producto de la erosión post fase Tectónica Peruana.

El principal período de deformación ocurrido en el Eoceno (fase incaica) ha dado lugar al plegamiento de la secuencia mesozoica incluyendo las capas Rojas Casapalca.

#### Cenozoico:

El inicio de la era cenozoica se da a través de un episodio tectónico con magmatismo extrusivo que cubrió el área de cenizas volcánicas y flujos de lava que se intercalan con sedimentos continentales y que constituyen los grupos Rímac y Colqui en el sector occidental y volcánicos Carlos Francisco y formaciones Bellavista y Río Blanco en el sector oriental, estando estas últimas relacionadas a cuencas donde el vulcanismo se relaciona con limolitas arenosas tufáceas y calizas.

La tectogénesis de fines del Oligoceno (fase Poroche) plegó a estas unidades generando nuevas fallas que siguieron el modelo estructural pre-existente. Luego surgió un nuevo ciclo volcánico-sedimentario volcánico Millotingo el que después es afectado por la fase tectónica quichuana (sub fase eoquichuana) a través de un vulcanismo explosivo correspondiente a la formación Huarochirí.

Durante el Mio-plioceno se produce la subfase tardiquichuana a la que se asocia el volcánico Pacococha que representa un centro de erupciones explosivas y flujos de lava, terminando así el ciclo deformatorio andino, desarrollándose un período de

“orogénesis” que produjo la superficie Puna, la que luego en el curso del Pliopleistoceno fue levantada hasta una altura mayor a 4 000 m.s.n.m por un sistema de fallamientos gravitacionales tipo horst.

El desarrollo estructural cenozoico estuvo constituido por dislocamientos, plegamientos y emplazamientos de masas plutónicas e hipabisales y ascenso de soluciones mineralizantes relacionadas al magmatismo.

Buena parte de los yacimientos mineros se encuentran emplazados en las rocas volcánicas terciarias del cenozoico siendo en su mayoría del tipo filón producidas por relleno de fisuras a partir de soluciones hidrotermales.

Los depósitos más recientes pertenecen al período cuaternario y están formados por depósitos glaciares, fluvioglaciares y aluviales.

#### 2.4.2.2 Geología local

Las unidades geológicas que se encuentran en el distrito de San Mateo están comprendidas en el cuadrángulo geológico de Matucana y son las que se describen a continuación.

- Grupo Rímac (Tim-r): Es una unidad estratigráfica del sector occidental perteneciente al sistema terciario medio-inferior de la era cenozoica. Consiste en un conjunto de unidades de rocas volcánicas y sedimentarias constituidas por andesitas, flujos de brecha, andesitas tufáceas con ocasionales intercalaciones de areniscas tufáceas. En general en el grupo Rímac hay volcánicos y sedimentos pero con predominio de la facies tobáceas y un alto porcentaje de minerales ferromagnesianos que por alteración le dan a las rocas una coloración rojizovioláceo.

Es un grupo representativo ya que se encuentra presente en todo el distrito de San Mateo, incluyendo los centros poblados de Parcochacla, Sococha, Chucllapampa, Huaqui, San José de Parac, ente otros. Abarca una gran extensión del área de estudio.

- Volcánico Millotingo (Tm-m): Pertenece al sistema terciario medio de la era cenozoica. Es una secuencia volcánica sedimentaria que se extiende desde la parte alta de Matucana hasta la mina Millotingo. Esta constituida por areniscas de material volcánico de coloración rojiza y andesitas de color verde violáceo las cuales producto de la intemperización toman una coloración blanquecina. Se encuentra distribuido ampliamente al noroeste, sur y sureste del distrito de San Mateo.
- Formación Jumasha (Ks-J): Pertenece a la era mesozoica del sistema cretáceo superior, corresponde a una unidad estratigráfica del sector oriental. Es una secuencia calcárea de capas medianas a gruesas con intercalaciones de capas de calizas margosas, lutitas y calizas dolomíticas. Se encuentra distribuida muy localmente al norte del distrito de San Mateo.
- Formación Bellavista Río Blanco (Tim-bvrb): Esta formación pertenece a la era Cenozoica del sistema terciario medio-inferior ubicado en el sector oriental. Es una importante secuencia volcánico sedimentaria de la parte alta de la Cordillera Occidental la cual está conformada principalmente por calizas (margosas, pardo amarillentas, negras silicificadas), tobas redepositadas, lutitas, limolitas (gris verdosas a pardo rojizas) y areniscas tobáceas las cuales fueron formadas por constantes aportes de flujos de lava y materiales volcánico explosivos proveniente de grupos volcánicos. Esta formación está presente desde la naciente del río Blanco siguiendo su recorrido hasta el poblado de Chocna.
- Formación Carlos Francisco (Tim – cf): Esta formación pertenece a la era Cenozoica del sistema terciario medio-inferior y corresponde a una unidad estratigráfica del sector oriental. Consiste de una gruesa secuencia de rocas volcánico-sedimentaria, la cual está conformada por los miembros Tablachaca, Carlos Francisco y Yauliyacu.

El miembro Tablachaca consiste de una secuencia formada por conglomerados con elementos volcánicos en mayor medida y de gravas y cantos en menor proporción con intercalaciones de areniscas, limolitas, calizas, tobas, brechas tobáceas, aglomerados y rocas porfiríticas.

El miembro Carlos Francisco consiste de una serie volcánica formada por un conjunto de derrames andesíticos porfiroides y afaníticos de color gris y por intemperismo de color verdoso y violáceo; con intercalaciones de flujos de brecha volcánica y pórfidos masivos.

El miembro Yauliyacu, se caracteriza por presentar tobas rojizas, tobas lapillíticas grises verdosas y marrones, capas de andesitas, limolitas y areniscas tobáceas.

Esta formación se encuentra presente en todo el recorrido del río Blanco tanto en la margen derecha e izquierda de este curso de agua.

- Depósitos fluvio-glaciares (Q-fg): Son depósitos cuaternarios de la era cenozoica formados por material acarreado de los ríos relacionados con el proceso erosivo del levantamiento andino y las etapas de glaciación. Se encuentran presentes en las terrazas de material aluvional en las márgenes y lecho del río Rímac.
- Depósitos glaciares (Q-g): Son depósitos cuaternarios de la era cenozoica formados por material morrénico antiguo a reciente que se encuentran en la cabecera de los valles glaciares o cubriendo el fondo o márgenes de los mismos. Se encuentran distribuidos aisladamente a altitudes de 3 800 m.s.n.m.
- Riodacitas (T-rda): Son rocas hipabisales intrusivas pertenecientes al sistema terciario medio de la era cenozoica. Se encuentran presentes a altitudes sobre los 4 000 m.s.n.m.
- Diorita (T-di): Son rocas intrusivas plutónicas del sistema terciario inferior de la era cenozoica. Se encuentran distribuidas en forma conjunta al sur este de San Mateo como por ejemplo en el cerro Ucra muy próximo al poblado de Suerococha.

Tanto las riodacitas como las dioritas se caracterizan por ser unidades intrusivas menores que varían en composición de básicas a ácidas.

A lo largo del recorrido del río Blanco dentro del distrito de San Mateo, las formaciones que se encuentran en mayor extensión cubriendo su cauce son la Formación Bellavista Río Blanco y la Formación Carlos Francisco. Respecto a la quebrada Párac, las unidades que tienen una mayor extensión son el Grupo Rímac y el Volcánico Millotingo.

### **2.4.3 Geomorfología**

La geomorfología del área de estudio tiene sus orígenes en dos sucesos morfodinámicos que determinaron la actual configuración del relieve y son los siguientes:

- El suceso del vulcanismo mixto, es decir de tipo explosivo con piroclastos y tobas y de tipo lávico con coladas de lava, el cual se produjo en una zona donde había agua dando lugar a la formación de superficies escalonadas formadas por material volcánico las cuales alcanzaron grandes alturas; dicho suceso se produjo en el periodo Terciario.
- El suceso de las constantes glaciaciones ocurridos durante la época pleistocénica, donde la acción del hielo glaciario y de las corrientes fluviglaciares dieron lugar a la profundización de los valles.

En los últimos 10 000 años, el agente modelador que incide en la superficie del área de estudio es el escurrimiento hídrico superficial, el cual se manifiesta a través de dos procesos que son los siguientes: El escurrimiento fluvial y el escurrimiento pluvial.

- El escurrimiento fluvial es causado principalmente por acción del río Rímac y/o río San Mateo y del riachuelo Aruri a través de la erosión del lecho de su cauce, lo cual da lugar a que los depósitos inconsolidados de las riberas y/o laderas escarpadas se derrumben debido a la pérdida de estabilidad. Este proceso se puede observar en la ladera izquierda del río Rímac, en la parte baja de la quebrada Párac y en la confluencia del río Rímac con el tributario Aruri.

- El escurrimiento pluvial se manifiesta en los deshielos de las laderas lo cual ocasiona procesos de acarreo de materiales; lo cual se puede observar en la ladera derecha de la quebrada Párac debido a su fuerte pendiente, escasa vegetación y roca volcánica lo cual hace que se formen constantemente surcos y torrentes de agua.

De lo descrito líneas arriba, se ha clasificado a la geomorfología del distrito de San Mateo en dos unidades geomorfológicas claramente definidas y con marcadas características: la primera corresponde a una geomorfología de tipo glaciar, de alta montaña y la segunda a una geomorfología de valle o cuenca media; las cuales guardan estrecha relación con los procesos de erosión glaciar y de valle respectivamente.

#### 2.4.3.1 Geomorfología de alta montaña o glaciar

La geomorfología de alta montaña o glaciar corresponde a la zona de nevados cubiertos por glaciares o nieves perpetuas, cuya forma característica es en forma de “U”. Asimismo tenemos dentro de esta clasificación a las laderas de montaña caracterizadas por su topografía abrupta y muy escarpada las cuales son disectadas por las quebradas y los ríos.

Este tipo de geomorfología se caracteriza por presentar fuertes pendientes (6.6%) y se ubica a altitudes por encima de 4 200 m.s.n.m como en las partes altas de las microcuencas del río Blanco y de la quebrada Párac así como en los lugares de Suerococha, Haucaypaca y Huayllacancha.

#### 2.4.3.2 Geomorfología de valle o cuenca media

Este tipo de geomorfología se observa en la cuenca media de los valles cuya forma característica es en forma de “V”, lo cual se debe al fuerte proceso erosivo lateral y de fondo de las aguas del río Rímac y del río Blanco. Aquí encontramos a las mesetas altoandinas formadas por sedimentos de origen volcánico y por procesos glaciares y periglaciares provenientes de las partes altas como por ejemplo las mesetas de Sayhuapunta y Marcahuari; así como a los valles aluviales y los conos de deyección constituidos por depósitos aluviales y coluviales. Este tipo de geoformas se encuentran a



altitudes entre los 2 500 a 4 000 m.s.n.m y se caracterizan por presentar suaves pendientes y superficies onduladas como el caso de las nacientes del río Blanco, quebrada Huayca y la quebrada Pichag.

#### **2.4.4 Hidrología**

El sistema hidrográfico del área de estudio está conformado por un río principal, dos subcuencas que se constituyen como los tributarios principales, así como numerosas quebradas y lagunas lo cual se describe a continuación.

El río principal en el distrito de San Mateo es el río Rímac que también toma el nombre de río San Mateo o Alto Rímac y tiene como tributarios principales al río Blanco y a la quebrada Párac por la margen izquierda. El río Blanco tiene una longitud de 36.20 Km y un caudal promedio anual de  $9.7 \text{ m}^3/\text{s}$  el cual cuenta con la represa de Yuracmayo que tiene una capacidad de 48 millones de  $\text{m}^3$  la cual suministra un aporte promedio de  $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$  en época de estiaje. La subcuenca del río Blanco está conformada en su nacimiento por la quebrada Cutay que recibe el aporte de las aguas de la laguna Cutay y de la quebrada Quericancha por la margen izquierda, siguiendo la trayectoria recibe el aporte de la laguna Llaeshacocha por la margen derecha, seguidamente confluye por la margen izquierda el aporte de la quebrada Aicagranga la cual recibe el aporte de la quebrada Huallacocha y de la laguna Colorado; a continuación se observa el aporte por la margen derecha de la quebrada Yanavisca así como de la quebrada Quiullacocha con su nacimiento en la laguna del mismo nombre, de la laguna Rinconada y de la laguna Pucushnioc. Finalmente por la margen izquierda se tiene a la laguna Yaromaria que también descarga sus aguas a través de una pequeña quebrada en el río Blanco.

En la nacimiento de la quebrada Párac por la margen izquierda, se tiene el aporte de la quebrada Uranmayoc con aguas provenientes de la laguna Arara, seguidamente por la margen derecha se recibe el aporte de la quebrada Pachampajana y por la margen izquierda de la quebrada Puchas; luego de este aporte la quebrada Párac toma el nombre de quebrada Pachachaca recibiendo el aporte de la quebrada De Pitoranga (margen derecha) y de la quebrada de Mancan (margen izquierda) luego de ambos vertimientos la quebrada se bifurca en dos nuevas quebradas que toman el nombre de:

Quebrada Tonsuyoc y Quebrada Huayca; la primera recibe el aporte de las aguas de la quebrada Puca Corral con su nacimiento en la laguna Suerococha por la margen izquierda y por la margen derecha recibe el aporte de la laguna Pacococha; la segunda recibe el aporte de pequeñas quebradas y de la quebrada Mushca. En las partes altas de la laguna Pacococha se encuentra la laguna Yauri.

En el sector de San Miguel de Viso, el río Rímac recibe el aporte de las quebradas Mayo y Chumajuna encontrándose en las partes altas de estas quebradas las lagunas Huangro, Curhuamay y Quimacocha.

Por la margen derecha del río Rímac se encuentra la laguna Neveria que descarga sus aguas a través de una quebrada la cual se une con la quebrada Rano formando la quebrada Ucupampa la cual en unión con la quebrada Panco forman la quebrada Turumanya descargando sus aguas en el Rímac juntamente con la quebrada Piscapuquio a la altura del sector llamado Cacray.

#### **- Río Rímac (Río Principal)**

Respecto a los niveles de agua del río Rímac, se cuenta con una estación hidrométrica en San Mateo que viene siendo operada por el SENAMHI, en donde se registra la altura de los niveles de agua del río Rímac; esta estación está ubicada en la latitud: 11° 45' 'S', longitud: 76° 18' 'W' a una altitud de 3182 m.s.n.m.

De los últimos 15 años de registro (1994 a 2008), el promedio máximo del nivel de agua fue de 0.71 m, el promedio mínimo del nivel de agua fue de 0.33 m y el promedio mensual fue de 0.47 m. Cabe mencionar que durante este período de registro el nivel máximo de agua fue registrado en octubre de 2001 (1.02 m) y el nivel mínimo de agua fue registrado en los meses de agosto y setiembre de 1994 con un valor de 0.19 m en cada mes.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Tabla 9

**Niveles de Agua del Río Rímac en la Estación San Mateo (m)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1994	0,89	1	0,93	0,76	0,55	0,35	0,22	0,19	0,19	0,2	0,27	0,34
1995	0,44	0,42	0,51	0,5	0,35	0,28	0,25	0,3	0,3	0,31	0,29	0,3
1996	0,51	0,63	0,63	0,58	0,45	0,47	0,39	0,38	0,36	0,38	0,34	0,34
1997	0,45	0,59	0,53	0,41	0,42	0,29	0,22	0,21	0,21	0,37	0,44	0,45
1998	0,57	0,68	0,7	0,58	0,57	0,5	0,45	0,44	0,45	0,5	0,51	0,46
1999	0,51	0,81	0,75	0,68	0,57	0,44	0,48	0,42	0,38	0,37	0,39	0,45
2000	0,61	0,7	0,88	0,63	0,5	0,42	0,42	0,42	0,35	0,37	0,32	0,47
2001	0,71	0,74	0,89	0,62	0,51	0,9	0,88	0,9	1,01	1,02	0,95	0,52
2002	0,4	0,49	0,65	0,54	0,44	0,35	0,37	0,36	0,36	0,33	0,33	0,43
2003	0,51	0,59	0,73	0,59	0,46	0,41	0,42	0,4	0,38	0,39	0,41	0,44
2004	0,4	0,52	0,48	0,46	0,36	0,32	0,28	0,27	0,28	0,31	0,4	0,46
2005	0,55	0,53	0,55	0,52	0,41	0,37	0,38	0,39	0,4	0,4	0,37	0,38
2006	0,5	0,59	0,67	0,65	0,49	0,37	0,35	0,36	0,37	0,37	0,44	0,49
2007	0,62	0,63	0,71	0,64	0,51	S/D	0,37	0,37	0,39	0,39	0,38	0,39
2008	0,51	S/D	S/D	0,69	0,37	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34

Fuente: SENAMHI.

S/D: Sin dato.

Tabla 10

**Niveles de Agua del Río Rímac: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (m)**

AÑO	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
1994	1,00	<b>0,19</b>	0,49
1995	0,51	0,25	0,35
1996	0,63	0,34	0,46
1997	0,59	0,21	0,38
1998	0,70	0,44	0,53
1999	0,81	0,37	0,52
2000	0,88	0,32	0,51
2001	<b>1,02</b>	0,51	0,80
2002	0,65	0,33	0,42
2003	0,73	0,38	0,48
2004	0,52	0,27	0,38
2005	0,55	0,37	0,44
2006	0,67	0,35	0,47
2007	0,71	0,37	0,49
2008	0,69	0,31	0,38
Valor Promedio	0,71	0,33	0,47

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.

Nota: Los números en negrita representan los valores máximos y mínimos de todos los años de registro.

**- Río Blanco (Tributario del Río Rímac)**

Asimismo, el Senamhi registra valores hidrológicos e hidrométricos del río Blanco en la estación de San Mateo, teniéndose como información 19 años de registro (1968-1987) para valores de caudales y 16 años de registro (1994-2008) para los niveles de agua; teniéndose que para los valores de caudal el promedio máximo durante este período de registro fue de 24.980 m<sup>3</sup>/s, el promedio mínimo fue de 6.675 m<sup>3</sup>/s y el promedio mensual fue 13.041 m<sup>3</sup>/s. Cabe mencionar que durante este período de registro el caudal máximo de agua fue registrado en marzo de 1972 (31.08 m<sup>3</sup>/s) y el caudal mínimo fue registrado en agosto de 1974 con un caudal de 4.155 m<sup>3</sup>/s. Respecto a los niveles de agua, el promedio máximo fue de 0.65 m, el promedio mínimo fue de 0.33 m y el promedio mensual fue de 0.46 m. Durante los 16 años de registro de información el máximo nivel se alcanzó en octubre del 2001 con un valor de 1.02 m y el nivel mínimo se registró en octubre de 1994 con un valor de 0.2 m.

Tabla 11

**Caudal del Río Blanco en la Estación San Mateo (m<sup>3</sup>/s)**

AÑO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1968-1969	S/D	6,921	9,203	11,303	9,803	14,534	18,3	17,823	10,085	7,648	5,85	6,446
1969-1970	6,88	7,821	9,441	16,812	27,31	20,025	17,306	15,927	13,174	9,133	7,451	6,585
1970-1971	8,01	8,810	8,87	13,770	16,62	21,889	26,78	16,517	10,61	7,953	6,71	6,064
1971-1972	5,86	7,606	7,20	12,701	15,78	18,572	31,08	22,863	12,67	9,045	8,09	6,798
1972-1973	7,497	9,092	8,537	12,219	20,981	27,471	26,194	20,533	11,598	7,699	5,635	4,640
1973-1974	4,585	6,177	7,407	13,774	20,006	24,175	24,839	16,833	9,071	7,002	4,954	4,155
1974-1975	4,485	5,970	7,909	10,297	14,074	15,379	26,677	16,383	13,384	8,798	7,250	6,988
1975-1976	7,523	8,789	14,640	15,458	19,519	26,421	23,926	16,807	12,145	9,288	8,180	7,216
1976-1977	8,106	8,960	9,975	13,012	14,668	22,296	19,687	15,497	13,313	8,726	8,078	7,627
1977-1978	8,250	9,090	14,618	13,848	15,832	22,339	17,457	11,403	11,403	8,997	8,539	9,018
1978-1979	9,650	10,781	S/D	S/D	16,255	23,150	25,374	18,957	13,529	10,328	8,783	7,995
1979-1980	8,549	9,388	10,291	10,919	15,619	16,279	17,184	14,767	10,124	8,782	8,679	7,211
1980-1981	7,606	11,886	12,551	14,458	17,858	29,196	25,897	16,833	11,755	9,164	7,383	7,040
1981-1982	6,103	9,041	11,888	14,484	17,429	29,161	21,429	16,423	11,719	9,341	6,949	6,425
1982-1983	8,648	7,895	13,497	12,961	13,797	11,754	15,794	16,067	12,781	9,105	8,602	8,557
1983-1984	9,435	9,949	10,352	16,090	15,935	30,314	28,752	20,980	14,168	11,620	8,671	8,250
1984-1985	8,250	9,681	11,394	19,426	16,516	20,057	23,861	22,500	15,074	10,996	8,042	7,247
1985-1986	7,382	7,410	8,168	12,571	22,455	25,682	27,300	21,457	17,761	12,630	9,575	7,871
1986-1987	6,971	7,329	9,480	12,772	22,129	22,643	S/D	13,850	10,732	9,183	7,527	7,428

Fuente: SENAMHI.

S/D: Sin dato.

**Tabla 12**

**Caudal del Río Blanco: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (m<sup>3</sup>/s)**

<b>AÑO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
1968-1969	18,3	5,850	10,7196
1969-1970	27,31	6,585	13,1554
1970-1971	26,78	6,064	12,72
1971-1972	31,08	5,863	13,19
1972-1973	27,471	4,640	13,508
1973-1974	24,839	4,155	11,915
1974-1975	26,677	4,485	11,466
1975-1976	26,421	7,216	14,159
1976-1977	22,296	7,627	12,495
1977-1978	22,339	8,250	12,566
1978-1979	25,374	7,995	14,480
1979-1980	17,184	7,211	11,483
1980-1981	29,196	7,040	14,302
1981-1982	29,161	6,103	13,366
1982-1983	16,067	7,895	11,622
1983-1984	30,314	8,250	15,376
1984-1985	23,861	7,247	14,420
1985-1986	27,300	7,382	15,022
1986-1987	22,643	6,971	11,822
Valor Promedio	24.980	6.675	13.041

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Tabla 13

**Niveles de Agua del Río Blanco en la Estación San Mateo (m)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1994	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0,2	0,27	0,34
1995	0,44	0,42	0,51	0,5	0,35	0,28	0,25	0,3	0,3	0,31	0,29	0,3
1996	0,51	0,63	0,63	0,58	0,45	0,47	0,39	0,38	0,36	0,38	0,34	0,34
1997	0,45	0,59	0,53	0,41	0,42	0,29	0,22	0,21	0,21	0,37	0,44	0,45
1998	0,57	0,68	0,7	0,58	0,57	0,5	0,45	0,44	0,45	0,5	0,51	0,46
1999	0,51	0,81	0,75	0,68	0,57	0,44	0,48	0,42	0,38	0,37	0,39	0,45
2000	0,61	0,7	0,88	0,63	0,5	0,42	0,42	0,42	0,35	0,37	0,32	0,47
2001	0,71	0,74	0,89	0,62	0,51	0,9	0,88	0,9	1,01	1,02	0,95	0,52
2002	0,4	0,49	0,65	0,54	0,44	0,35	0,37	0,36	0,36	0,33	0,33	0,43
2003	0,51	0,59	0,73	0,59	0,46	0,41	0,42	0,4	0,38	0,39	0,41	0,44
2004	0,4	0,52	0,48	0,46	0,36	0,32	0,28	0,27	0,28	0,31	0,4	0,46
2005	0,55	0,53	0,55	0,52	0,41	0,37	0,38	0,39	0,4	0,4	0,37	0,38
2006	0,5	0,59	0,67	0,65	0,49	0,37	0,35	0,36	0,37	0,37	0,44	0,49
2007	0,62	0,63	0,71	0,64	0,51	S/D	0,37	0,37	0,39	0,39	0,38	0,39
2008	0,51	S/D	S/D	0,49	0,37	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34

Fuente: SENAMHI.

S/D: Sin dato.

Tabla 14

**Niveles de Agua del Río Blanco: Valores Máximos, Mínimos y Promedios (m)**

AÑO	MAXIMA	MINIMA	PROMEDIO
1994	0,34	<b>0,2</b>	0,27
1995	0,51	0,25	0,35
1996	0,63	0,34	0,46
1997	0,59	0,21	0,38
1998	0,70	0,44	0,53
1999	0,81	0,37	0,52
2000	0,88	0,32	0,51
2001	<b>1,02</b>	0,51	0,80
2002	0,65	0,33	0,42
2003	0,73	0,38	0,48
2004	0,52	0,27	0,38
2005	0,55	0,37	0,44
2006	0,67	0,35	0,47
2007	0,71	0,37	0,49
2008	0,51	0,31	0,36
Valor Promedio	0,65	0,33	0,46

Fuente: Datos obtenidos con la información proporcionada por SENAMHI.

Nota: Los números en negrita son los valores máximos y mínimos de todos los años de registro.

### **2.4.5 Calidad del agua**

En esta sección se desarrolla los trabajos que se han llevado a cabo por diversas entidades para conocer y determinar la calidad del agua del río Rímac en relación al impacto que han tenido sus aguas producto de la actividad minera.

En el año de 1981, el Ministerio de Salud a través de la División de Preservación del Medio Ambiente realizó el “Estudio de contaminación y preservación del río Rímac OSASA”, teniendo 13 estaciones de muestreo, 06 de las cuales estaban ubicadas en el distrito de San Mateo, iniciándose en la bocatoma de la laguna Ticticocha seguida de las estaciones: Puente Anchi II, Puente San Mateo, Puente Tamboraque II, Bocatoma Hidroeléctrica Pablo Bonner y Puente Tambo de Viso.

En 1986, Ricardo A. Rojas presentó a la Reunión Interamericana sobre el Control De Vertimientos de Sustancias Tóxicas en Sao Paulo el estudio: “Contaminación del río Rímac por Metales Pesados provenientes de la Industria Minera”; en dicho estudio se analizó la calidad del agua del río Rímac en dos tramos correspondientes al área de estudio: Tramo I: Naciente del río San Mateo y Tramo II: Quebrada Párac; del estudio se concluyó que ambos tramos hídricos presentaban cantidades significativas de plomo y zinc y que estos metales presentaban un incremento al pasar por lugares en donde no existía ningún tipo de aporte visual minero, por lo que se indicó la posible existencia de aportes de otra naturaleza a la minera. Para las partículas sólidas se hizo mención que las fracciones más finas eran transportadas por las masas de agua en su recorrido y que las partículas más gruesas se sedimentaban en el lecho del río. Es necesario mencionar que en el referido estudio, se mencionan a las compañías mineras que tenían como cuerpo receptor al río San Mateo, la quebrada Párac y la quebrada Viso, estando algunas de ellas actualmente en estado de pasivos ambientales.

A partir del año 1999, la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, como parte de su programa de control y vigilancia de los recursos hídricos monitorea la cuenca del río Rímac con aproximadamente 23 estaciones; a continuación se presenta un resumen de las evaluaciones realizadas en las estaciones ubicadas dentro del distrito de San

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Mateo desde el año 2000 hasta el año 2008 indicando el nivel de riesgo establecido para cada estación.

Ver la siguiente Tabla.



**Tabla 15**  
**Resultados de la Evaluación de la Calidad del Agua del Río Rímac en el Sector de San Mateo, Años: 2000 - 2008**

<b>Año</b>	<b>Parámetro</b>	<b>LMP</b>	<b>Estación</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Concentración Promedio Anual</b>
2000	Plomo	0.10 (mg/L)	Puente Anchi	Alto	0.418
			Puente Pite	Moderado	0.188
			Puente Tamboraque	Alto	0.223
			Bocatoma Pablo Bonner	Alto	0.242
			Puente Tambo de Viso	Alto	0.114
	Arsénico	0.20 (mg/L)	Puente Anchi	Moderado	0.132
			Bocatoma Pablo Bonner	Moderado	0.228
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.200
	Cadmio	0.05 (mg/L)	Bocatoma Pablo Bonner	Alto	0.125
	Coliformes Termotolerantes	1000 (NMP/100 mL)	Puente Anchi	Alto	3542
			Puente Pite	Alto	2400
			Puente Tamboraque	Alto	3938
			Bocatoma Pablo Bonner	Alto	5508
			Puente Tambo de Viso	Alto	2400
2001	Plomo	0.10 (mg/L)	Puente Anchi	Alto	0.292
			Puente Pite	Alto	0.054
			Puente Tamboraque	Alto	0.112
			Bocatoma Pablo Bonner	Alto	0.104
			Puente Tambo de Viso	Alto	0.115
	Arsénico	0.20 (mg/L)	Puente Anchi	Moderado	0.093
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.133
	Coliformes Termotolerantes	1000 (NMP/100 mL)	Puente Anchi	Moderado	1295.2
			Puente Pite	Moderado	696.5
			Puente Tamboraque	Moderado	647.1
			Bocatoma Pablo Bonner	Alto	4149.3
			Puente Tambo de Viso	Moderado	479.3

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>Año</b>	<b>Parámetro</b>	<b>LMP</b>	<b>Estación</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Concentración Promedio Anual</b>
2002	Plomo	0.10 (mg/L)	Puente Anchi	Alto	0.172
			Puente Pite	Alto	0.086
			Puente Tamboraque	Alto	0.060
			Bocatoma Pablo Bonner	Alto	0.951
			Puente Tambo de Viso	Alto	0.060
	Coliformes Termotolerantes	1000 (NMP/100mL)	Puente Anchi	Alto	11288.9
			Puente Pite	Alto	2836.2
			Puente Tamboraque	Alto	10660.8
			Puente Tambo de Viso	Moderado	779.0
2003	Plomo	0.10 (mg/L)	Puente Anchi	Alto	0.279
			Puente Pite	Moderado	0.126
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.056
2004	Plomo	0.10 (mg/L)	Puente Anchi	Moderado	0.119
			Puente Pite	Moderado	0.073
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	0.047
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	0.063
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.082
	Coliformes Termotolerantes	1000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Alto	15420
			Puente Anchi	Alto	47125
			Puente Pite	Alto	7087.5
			Puente Tamboraque	Alto	30925
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	504.25
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Alto	1910
			Puente Tambo de Viso	Alto	9970
	Coliformes Totales	5000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Alto	35337.5
			Puente Anchi	Alto	235150
			Puente Pite	Alto	59850

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>Año</b>	<b>Parámetro</b>	<b>LMP</b>	<b>Estación</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Concentración Promedio Anual</b>
2004	Coliformes Totales	5000 (NMP/100mL)	Puente Tamboraque	Alto	87500
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	3030
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Alto	8850
			Puente Tambo de Viso	Alto	57337.5
2005	Plomo	0.05 (mg/L)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Moderado	0.051
			Puente Anchi	Alto	0.122
			Puente Pite	Alto	0.054
			Puente Tamboraque	Moderado	0.039
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	0.036
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	0.051
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.046
	Coliformes Termotolerantes	4000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Moderado	4653,75
			Puente Anchi	Moderado	6405
			Puente Pite	Alto	31037,5
			Puente Tamboraque	Alto	57678,75
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Alto	28020,5
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Alto	6873,75
			Puente Tambo de Viso	Alto	28941,25
	Coliformes Totales	20000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Alto	42025
			Puente Anchi	Alto	387005
			Puente Pite	Alto	40112,5
			Puente Tamboraque	Alto	151875
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Alto	48937,5
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	15987,5
			Puente Tambo de Viso	Alto	77312,5

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>Año</b>	<b>Parámetro</b>	<b>LMP</b>	<b>Estación</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Concentración Promedio Anual</b>
2006	Cadmio	0.01 (mg/L)	Puente Tamboraque	Moderado	0.010
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	0.010
			Puente Tambo de Viso	Alto	0.012
	Plomo	0.05 (mg/L)	Puente Anchi	Alto	0.071
			Puente Pite	Alto	0.059
			Puente Tamboraque	Moderado	0.044
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	0.082
			Puente Tambo de Viso	Alto	0.058
	Coliformes Termotolerantes	4000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Moderado	3629
			Puente Anchi	Moderado	4400
	Coliformes Totales	20000 (NMP/100mL)	R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	6844.6
2007	Cadmio	0.01 (mg/L)	Puente Anchi	Moderado	0.0107
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.0110
	Plomo	0.05 (mg/L)	Puente Anchi	Moderado	0.0659
			Puente Pite	Moderado	0.0388
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	0.0561
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	0.0405
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.0881
	Arsénico	0.10 (mg/L)	R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac,	Moderado	0.0625
			Puente Tambo de Viso	Alto	0.6126
	Coliformes Termotolerantes	4000 (NMP/100mL)	Puente Anchi II	Alto	46048
			Puente Pite	Moderado	2541
			Puente Tamboraque	Moderado	4838
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Alto	16165,5
	Coliformes Totales	20000 (NMP/100mL)	Puente Anchi	Alto	253895
			Puente Tamboraque	Moderado	10220

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>Año</b>	<b>Parámetro</b>	<b>LMP</b>	<b>Estación</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Concentración Promedio Anual</b>
2007	Coliformes Totales	20000 (NMP/100mL)	E-7 R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac, C.C. Km. 89	Moderado	19636,2
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Alto	115082,2
2008	Cadmio	0.01 (mg/L)	R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	0.0110
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	0.0105
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.0109
	Plomo	0.05 (mg/L)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Moderado	0.0492
			Puente Anchi	Moderado	0.0600
			Puente Pite	Moderado	0.0359
			Puente Tamboraque	Moderado	0.0328
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac,	Moderado	0.0489
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	0.0422
			Puente Tambo de Viso	Moderado	0.0365
	Coliformes Termotolerantes	4000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Alto	17388,5
			Puente Anchi	Alto	60467,375
			Puente Pite	Alto	12976,25
			Puente Tamboraque	Alto	8227,5
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	6405,05
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Alto	11737,5
			Puente Tambo de Viso	Moderado	3386,1875
	Coliformes Totales	20000 (NMP/100mL)	R. Blanco, Estación. Meter. SENAMHI	Moderado	17389,375
			Puente Anchi	Alto	80661,25
			Puente Pite	Moderado	19650
			R. Aruri, 50 m antes unión con r. Rímac	Moderado	6636,325
			Toma Tamboraque - Ex Pablo Bonner	Moderado	12012,5

Fuente: DIGESA- Recursos Hídricos.

Nota: El LMP está en función a la Ley General de Aguas, que actualmente ha sido reemplazada por la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338, publicada el 31 de marzo de 2009.

Es necesario mencionar que el nivel de riesgo ha sido establecido tomando como criterio el Método del Percentil 90 establecido por DIGESA en la elaboración de sus informes anuales, donde se considera que dicho percentil es el número que se encuentra en el lugar nonagésimo de un conjunto de números ordenados ascendentemente en base al cual se hizo la siguiente clasificación:

- Ningún Riesgo: Es considerado cuando el percentil 90 es menor o igual al valor límite de la Ley General de Aguas.
- Riesgo Moderado: Cuando el percentil 90 es mayor que el valor límite de la Ley General de Aguas y la mediana es menor que el valor límite de la Ley General de Aguas.
- Riesgo Alto: Cuando la mediana es igual o mayor al valor límite de la Ley General de Aguas o un resultado puntual supera más de 10 veces el valor límite de la Ley General de Aguas.

Asimismo, para la comparación de los resultados con los límites máximos permisibles, desde el año 2000 hasta el año 2004 DIGESA ha considerado comparar con la clase II de la Ley General de Aguas, y desde el año 2005 al 2008 la comparación se realiza con la clase III de la referida ley.

De la tabla se observa que el elemento Plomo ha estado presente desde el año 2000 hasta el año 2008 presentando niveles de riesgo altos y moderados en sus diferentes estaciones de muestreo; asimismo los coliformes totales y termotolerantes también han presentando riesgos altos y moderados en estos mismos años. El elemento arsénico ha tenido riesgos en los años 2000 y 2001 presentando nuevamente este riesgo en el año 2007; el cadmio en los últimos tres años de muestreo ha presentado un riesgo moderado en las estaciones de muestreo. Sin embargo es necesario mencionar que para el año 2008 los elementos plomo y cadmio están en un nivel de riesgo moderado, mientras que los coliformes aún presentan niveles altos de riesgo.

En el Plan de Gestión Ambiental para el Desarrollo Sustentable del distrito de San Mateo de Huanchor realizado por la Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental – OACA entre los años 1999 al 2000, se llegaron a las siguientes conclusiones respecto a la calidad del agua del área de estudio.

- Respecto a la conductividad eléctrica, en la subcuenca del Viso ubicada en el distrito de San Mateo, se han detectado valores por encima de los 1300 micromhos/cm, lo cual indica una alta concentración de sales solubles en el agua.
- El pH en las quebradas de Párac y Viso alcanzan valores de 3.1, señalando como causa de este valor a las aguas ácidas mineras.
- Los nutrientes están presentes en el agua aunque en niveles por debajo de los límites.
- La presencia de nitratos, amonios y fosfatos se debe al uso de fertilizantes de la actividad agrícola
- Los metales como el plomo, cadmio, zinc y el fierro se encuentran presentes debido a la actividad minera de la cuenca alta.

En el estudio “Determinación de Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn y As en aguas del río Rímac por fluorescencia de rayos-x en reflexión total”, realizado por William T. de la Universidad Nacional Federico Villarreal y Olivera P. del Departamento de Química – IPEN, se realizó un muestreo de aguas teniendo 05 estaciones ubicadas en el área de estudio, de donde se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los elementos de mayor concentración en el agua fueron el fierro y el zinc.
- En las estaciones Puente Anchi II, Puente San Mateo, Puente Tamboraque II, Bocatoma Pablo Bonner y puente Tambo de Viso ubicadas dentro del ámbito de estudio se registró un aumento en la concentración del manganeso y un ligero agrupamiento con el fierro y el zinc.

#### **2.4.6 Suelos**

De acuerdo a la Descripción de los Grandes Grupos de Suelos (ONERN, 1975) el cual está basado en el Sistema de Clasificación elaborado por la FAO de las Naciones Unidas, el distrito de San Mateo está formado por tres unidades edáficas siendo ellas las más representativas de la zona de estudio y son las siguientes: Andosol vítrico, Litosol andino y Kastanozem háplico.

Los suelos pertenecientes a la categoría Andosol vítrico, son suelos que han sido formados a partir de los fenómenos de vulcanismo explosivo ocurridos durante la formación de la actual configuración del relieve terrestre, es por ello que en su estructura encontramos la presencia de materiales provenientes de estos fenómenos tales como cenizas y escorias volcánicas. Respecto a sus características edáficas, se caracterizan por presentar un perfil con horizonte A y C bien definido, de textura franca con presencia de fragmentos gruesos; son moderadamente profundos y presentan una coloración de pardo a pardo oscura con un contenido de materia orgánica de aproximadamente 1%.

Los Litosoles andinos al igual que los Andosoles vítricos han sido formados a partir de los procesos de vulcanismo explosivo; se les encuentra a altitudes a partir de los 2800 m.s.n.m y presentan un perfil (A) CR o (A) R. Los suelos catalogados como Kastanozem háplico se les encuentra asociados a los Litosoles andinos y están desarrollados sobre material de origen sedimentario pudiéndose encontrar en altitudes hasta los 3700 m.s.n.m y a mayores altitudes.

##### **2.4.6.1 Capacidad de uso mayor**

De acuerdo al Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú aprobado por D.S N° 0062/75 AG, los suelos del distrito de San Mateo tienen la siguiente clasificación:

Los suelos identificados como Andosoles Vítricos, de acuerdo a sus características mencionadas líneas arriba, son tierras aptas para las actividades forestales y para pastos no siendo aptas para fines agrícolas por su bajo contenido de materia orgánica.



Los Litosoles andinos, de acuerdo a su naturaleza y pendiente abruptas en donde se les encuentra no tienen condiciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, por lo cual son tierras sin valor para fines agropecuarios pudiéndose desarrollar en lugares de pendiente un poco más suave (menores a 70%) la actividad pecuaria temporal extensiva.

Los suelos Kastanozem háplico, situados hasta los 3700 m.s.n.m en laderas suaves tienen potencial para el desarrollo de las actividades agrícolas con cultivos propios de la zona destinados para fines alimenticios, mientras que los suelos situados a mayores altitudes son tierras aptas para pastos naturales.

Cabe mencionar que algunas actividades se ven imposibilitadas de desarrollar en la zona debido a factores tales como el clima, la altitud, la topografía del terreno los cuales intervienen directamente como condicionantes para el desarrollo de dichas actividades.

#### 2.4.6.2 Uso actual de la tierra

De acuerdo a las Categorías de Uso Actual de la Tierra establecidas por la Unión Geográfica Internacional – UGI<sup>9</sup>, en el distrito de San Mateo se tienen las siguientes categorías de uso: Categoría 1: Que hace referencia a la presencia de centros poblados, instalaciones públicas y privadas, carreteras, terrenos semi-rústicos; Categoría 4: Terrenos con cultivos extensivos de trigo y cebada principalmente (Subcategoría 4d); y la Categoría 6: Terrenos con Praderas Naturales: referente a pastos naturales y gramíneas.

De la información obtenida en campo; la principal actividad que se lleva a cabo en el distrito de San Mateo es la actividad minera, seguida de las actividades agrícolas y ganaderas. La actividad minera se concentra principalmente al sur del distrito de San Mateo ocupando el suelo de la margen derecha del río Rímac específicamente entre el límite del distrito y la quebrada Párac en donde se lleva a cabo la actividad minera polimetálica, teniendo la presencia de pasivos ambientales mineros en estado de abandono dejados por la antigua minería, los cuales en su mayoría están asentados muy

---

<sup>9</sup> Del año 1930.

próximos a las quebradas tributarias del Párac tales como las quebradas: Mayo, Puchas, Mancan, Tonsuyoc; a las lagunas Pacococha y Suerococha, así como a los centros poblados y a terrenos agrícolas y ganaderos.

La agricultura se desarrolla en tres sectores principales. El primer sector que es el que abarca la mayor extensión y ocupación del suelo para este tipo de actividad es el que se concentra en la parte central del distrito, tanto en la margen izquierda del río Rímac entre Tamboraque y la quebrada Piscapuquio así como en la margen derecha desde la naciente de la quebrada Párac hasta la naciente de la quebrada Puchas. El segundo sector se ubica al sur del distrito, en las nacientes de la quebrada Mayo y Chumajuna muy próximas a San Miguel de Viso; y el tercer sector se localiza al norte del distrito cerca a los anexos de Cacray, Caruya y Chocna.

La actividad ganadera está asociada al ganado vacuno y ovino y se desarrolla en tres sectores principales. El primer sector se encuentra en las partes altas de las quebradas Mayo y la quebrada Chumajuna cercanas a las lagunas de Quimacocha y la laguna Curhuamay; el segundo sector está ubicado entre las quebradas Puchas, Pachachaca y Pitoranga muy cerca de Millotingo y el tercer sector se localiza en el río Blanco en el área de Yuracmayo entre las quebradas Yanavisca y Aicagranga.

#### **2.4.7 Ecología**

Para la descripción ecológica del área de estudio, se ha tomado como referencia el sistema de Holdridge, ya que la clasificación de sus zonas de vida está basada en la interrelación que existe entre los factores abióticos y bióticos del ecosistema considerándose para los primeros la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental y para los segundos la flora y la fauna con lo cual se puede obtener una descripción integral de cada uno de los componentes ambientales.

Por lo cual de acuerdo a las Zonas de Vida del Perú basadas en el referido sistema el distrito de San Mateo está ubicado en la Estepa Montano Tropical; caracterizada por distribuirse en la región latitudinal tropical a lo largo del flanco occidental andino, con la presencia de valles interandinos entre los 2800 a 3800 m.s.n.m. La vegetación natural está conformada por la familia de las gramíneas entre las que destacan los géneros Poa,

Stipa, Festuca, Calamagrostis y Eragrostis. En las zonas más cálidas se observa la presencia de arbustos de constitución leñosa. Entre las especies más representativas se tiene al cactus (*Opuntia subulata*).

De acuerdo a la clasificación de las Regiones Eco-Zoogeográficas propuesta por el Dr. Antonio Brack (1983) basada en aspectos climáticos, edáficos y fitogeográficos, el distrito de San Mateo está ubicado en la “Serranía Esteparia” o “Vertientes Occidentales” compuesta por una vegetación principalmente de gramíneas y arbustos diversos. De acuerdo a la información obtenida en campo se presenta a continuación las especies de flora y fauna (terrestre y acuática) que se encuentran en el distrito de San Mateo, agrupadas en función al sector evaluado.

Tabla 16

**Flora Terrestre – Sector de Tamboraque**

<b>Familia</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>
---	<i>Melilotus hispida</i>	“trébol de carretilla (*)
---	<i>Parasthrepia quadrangulare</i>	“tola”
Agavaceae	<i>Fourcroya andina</i>	“maguey”
Agavaceae	<i>Agave americana</i>	“agave”
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	“marco”
Asteraceae	<i>Tanacetium parthenium</i>	“santa maría”
Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i>	“cola de caballo”
Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	“azote de cristo” (**)
Fabaceae	<i>Spartium junceum</i>	“retama”
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	“eucalipto”
Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius</i> <sup>(1)</sup>	“saucecillo, romerillo”
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	“yerba luisa”
Piperaceae	<i>Piper angustifolium</i>	“matico”
Umbelliferae	<i>Pimpinella anisum</i>	“anís”

Fuente: Plan de Cierre de la Unidad Minera Tamboraque. Agosto 2006.

<sup>(1)</sup> La especie *Podocarpus oleifolius* perteneciente a la familia Podocarpaceae, se encuentra en peligro crítico de acuerdo a la Clasificación Oficial de Especies Amenazadas de Flora Silvestre según D.S N° 043-2006-AG.

(\*) El trébol de carretilla es utilizado como recurso forrajero.

(\*\*) El azote de cristo es utilizado para los sistemas agroforestales.

Tabla 17

**Fauna – Sector de Tamboraque**

Nombre Científico	Nombre Común	Clasificación
<i>Colibrí coruscans</i>	“picaflor”	Aves
<i>Tropidurus peruvianus</i>	“lagartija”	Reptiles
<i>Hadruides lunatus</i>	“alacrán del pedregal” (*)	Arácnidos

Fuente: Plan de Cierre – Unidad Minera Tamboraque. Agosto 2006.

(\*) Presente de manera significativa en la zona.

Las especies mencionadas en esta tabla no se encuentran dentro de las especies amenazadas de fauna.

Tabla 18

**Flora Terrestre – Sector de Máyc**

Familia	Especie	Nombre común
Asteraceae	<i>Ageratina azangaroensis</i>	“warmi warmi”
	<i>Ambrosia arborescens</i>	“altamisa, marco”
	<i>Baccharis latifolia</i>	“chilca”
	<i>Baccharis tricuneata</i>	“tola, taya”
	<i>Bidens andicola</i>	“amor seco”
	<i>Taraxacum officinale</i>	“diente de león”
	<i>Tajetes sp.</i>	“chincho”
	<i>Senecio spp.</i>	---
Amaranthaceae	<i>Amaranthus caudatus</i>	---
Brassicaceae	<i>Brassica sp.</i>	“jitga o nabo silvestre”
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium murale</i>	“flor de gallinazo”
Fabaceae	<i>Spartium junceum</i>	“retama”
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	“eucalipto”
Solanaceae	<i>Lycopersicon chilensis</i>	---
---	<i>Solanum nitidum</i>	---
Scrophulariaceae	<i>Calceolaria sp.</i>	“zapatito de diablo”
Papilionoideae	<i>Trifolium incarnatum</i>	“trébol”
Poaceae	<i>Plantago sp.</i>	“llantén”
---	<i>Calamagrostis sp.</i>	“ichu”
---	<i>Festuca sp.</i>	“ichu”
---	<i>Stipa ichu</i>	“ichu”
---	<i>Pennisetum clandestinum</i>	“kikuyo”
Umbelifera	<i>Conium maculatum</i>	“cicuta”
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i>	“verbena”

Fuente: Plan de Cierre del Depósito de Relaves de Máyc. Abril 2005.

Nota: Las especies mencionadas en esta tabla no se encuentran dentro de las especies amenazadas de flora silvestre.

Tabla 19  
Fauna – Sector de Máyoc

Nombre Científico	Nombre Común	Clasificación
<i>Zonotrichia capensis</i>	“gorrión americano”	Aves
<i>Turdus chiguanco</i>	“chihuaco”	
<i>Zenaida auriculata</i>	“rabiblanca”	

Fuente: Plan de Cierre del Depósito de Relaves de Máyoc. Abril 2005.

Nota: Las especies mencionadas en esta tabla no se encuentran dentro de las especies amenazadas de fauna.

Tabla 20  
Flora Silvestre – Sector Aruri

Nombre Científico	Nombre Común
<b>Unidad Puna:</b> Se tiene la presencia de especies herbáceas, gramíneas forrajeras y semileñosas arbustivas.	
<i>Muticia viciaefolia</i>	"huriruna"
<i>Ambrosia peruviana</i>	"altemisa"
<i>Compositae</i>	"chehiusca"
<i>Baccharis sp</i>	"chilca"
<i>Calceolaria sp</i>	"sapatilla"
<i>Barnadessia dombeyana</i>	"llaulli"
<i>Viguiera sp</i>	"yuca yuca"
<i>Bidens andicola</i>	pinahua"
<i>Opuntia subulata</i>	"espina"
<i>Festuca australis</i>	---
<i>Agrostis sp. y Poa sp</i>	"tsanjalayo"
<i>Astragalus garbancillo</i>	---
<i>Cestrum auriculatum</i>	"hierba hedionda"
<i>Colletia spinosissima</i>	"acashcasha"
<i>Lupinus ballianus</i>	"tarwi chochos"
<i>Baccharis tricuneata</i>	"taya"
<b>Unidad Esteparia:</b> Se tiene la presencia de cactáceas dispersas tales como agave, candelabro, gramíneas y matorrales ralos.	

Fuente: Plan de Cierre Temporal de la Mina Coricancha. 2003 y del Estudio de Impacto Ambiental de la Nueva Cancha de Relaves Aruri. 2002.

Tabla 21

**Fauna Silvestre – Sector Aruri**

Nombre Científico	Nombre Común	Clasificación
<i>Lagidium peruvianum</i>	“vizcacha”	Mamíferos
<i>Dusicyon culpaeus</i>	“zorro andino”	
<i>Conepatus rex</i>	“zorrino”	
<i>Oryzomys zunigae, Phyllotis amicus, Phyllotis andinum</i>	---	
<i>Nothoprocta ornata</i>	“perdiz serrana”	Aves
<i>Buteo poecilochrous</i>	“aguilucho cordillerano”	
<i>Sarcoramphus gryphus</i>	"cóndor andino"	
<i>Geosita crassirostris</i>	---	
<i>Metriopelis ceciliae</i>	---	
<i>Falco sparverius</i>	---	
<i>Falco femoralis</i>	“halcón peregrino”	
<i>Facobaenus orbygnianus</i>	“chinalinda”	
<i>Metropelia melanoptera</i>	“tortolita cordillerana”	
<i>Geosita peruviana</i>	---	
<i>Phrygilus alaudinus</i>	---	
<i>Zonotrichia capensis</i>	---	
<i>Tropidurus sp.</i>	"lagartija"	Reptiles
<i>Tropidurus peruvianus</i>	---	
<i>Bothrops sp</i>	---	
<i>Latrodectus mactans</i>	"viuda negra"	Arácnidos
<i>Loxosceles laeta, Salticidae, Stealoda andina, Sicarius peruensis, Selenops sp.</i>	---	
<i>Collembolos Dinjapix sp., Acrotelsella gigantea, Lepisma wasmani, Schistocerca sp., Orphulella sp., Gryllus assimilis, Chrysopa sp., Hemerobidae, Membracidae; Lepidopteros; Coleopteros, Himenopteros, etc.</i>	---	Insectos

Fuente: Plan de Cierre Temporal de la Mina Coricancha. 2003 y del Estudio de Impacto Ambiental de la Nueva Cancha de Relaves Aruri. 2002.

Nota: Las especies mencionadas en esta tabla no se encuentran dentro de las especies amenazadas de fauna.

Tabla 22  
Recursos Acuáticos: Río Rímac y Río Aruri

Río Rímac	
Situación	Especies
Aguas arriba - antes de las descargas mineras	En las zonas más cercanas a las orillas del río se observan: algas, amebas, ciliados pequeños, cianofíceas, nemátodos
Aguas abajo - después del vertimiento de la planta concentradora	Se observan escasas especies de Chrysophytas, algas y ciliados.
Río Aruri	
Fitoplancton	
División	Género y especie
Cyanophyta	Merismopedia elegans
----	Oscillatoria ornata
Bacillariophyta	Cymbella parva
----	Ceratoneis arcus
Chlorophyta	Spirogyra porangabae
---	Spirogyra condensata
---	Stigeocionium sp (*)
Zooplancton	
Phyllum	Género y especie
Rotífera	Lecanae luna
---	Dissotrocha aculeata
Especies herbáceas a orillas del río	
<i>Heleocharis, Ranunculus trichophyllus, Plantago hirtella, Rumex obtusifolius, Carex sp. Roripa nasturtium acuaticum.</i>	

Fuente: Plan de Cierre Temporal Mina Coricancha. 2003. / Plan de Cierre – Unidad Minera Tamboraque. Agosto 2006.

(\*) Altamente significativa en la zona.

Los recursos acuáticos mencionados en la tabla anterior son especies más o menos heterotróficas y pueden sobrevivir en concentraciones mínimas de oxígeno, así mismo, estos organismos se desarrollan en estas aguas por su tolerancia a los grados de polución. Existe una baja concentración de organismos en general debido a la fuerte corriente de agua del río que los arrastra continuamente y que no hace posible conseguir

una concentración suficiente de materiales para dichas especies. Asimismo se resalta que hay una disminución de especies luego de que ambos ríos (Rímac y Aruri) reciben el aporte de las descargas mineras.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> CONSULCONT S.A.C. (2003). Plan de Cierre Temporal de la Mina Coricancha.



## CAPÍTULO III. MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

### 3.1 Pasivos Ambientales Mineros en el Distrito de San Mateo

De acuerdo al Inventario de Pasivos Ambientales Mineros aprobado mediante Resolución Ministerial N° 290-2006-MEM/DM, en el distrito de San Mateo se han identificado 21 pasivos ambientales todos ellos catalogados en condición de inactivos excepto uno catalogado en condición de abandonado; definiéndose como inactivos todos aquellos pasivos que se encontraban localizados dentro de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia la Ley N° 28271 (Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera.) que estaban sin operar dos años o más y como pasivos abandonados todos aquellos que se encontraban localizados fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia de la mencionada ley como es el caso del pasivo C.M San Mateo.

Es necesario indicar que de acuerdo a la actualización del inventario de pasivos ambientales mineros, aprobado mediante R.M N° 096-2010-MEM/DM publicado el 04 de marzo del presente, los pasivos ambientales mineros del distrito de San Mateo no cuentan con ningún estudio ambiental ni se ha identificado el responsable que debe asumir el manejo de dichos pasivos.

Tabla 23

**Pasivos Ambientales Mineros en el distrito de San Mateo**

<b>Pasivo</b>	<b>Coordenadas UTM (PSAD 56): Este /Norte</b>	
Bocamina Alberto	357998	8692618
Bocamina Mi Perú	356169	8693560
Bocamina San Luis	356994	8693694
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486
Desmonte de mina C.M Paica	357596	8694258
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	355017	8693440
Bocamina C.M San Luis	366602	8684685
Bocamina C.M San Mateo	367158	8684920
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972
Desmonte de mina Colquirallana (A)	359102	8695228

(Continuación de la tabla)

<b>Pasivo</b>	<b>Coordenadas UTM (PSAD 56): Este /Norte</b>	
Desmonte de mina De Huaqui	361945	8694350
Desmonte de mina Esperada	357108	8692528
Relaveras Millotingo (1, 2 y 3)	366104	8691120
Desmonte de mina Monterrey 1	360673	8701140
Relavera San Donato	357003	8694166
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115
Bocamina S.M. Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620
Desmonte de mina Victoria	358436	8693706

Fuente: Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, RM N° 290-2006-MEM/DM; con actualización del inventario publicado en marzo de 2010.

### **3.2 Operación Minera Actual**

A continuación se hace una descripción del desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo referente al proceso de establecimiento de la empresa en el distrito, la descripción de cada proyecto minero, sus procesos de minado, procesos metalúrgicos, plantas de beneficio y su situación ambiental actual relacionado al cumplimiento de la normativa ambiental.

Las principales empresas mineras que operan en el distrito de San Mateo al año 2009 son las siguientes: Compañía Minera San Juan S.A, Negociación Minera el Molino S.A, Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A y Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A, las cuales se describen a continuación.

#### **3.2.1 Compañía Minera San Juan S.A**

En 1875 el señor Lizandro Proaño inició operaciones en la zona con la mina Tamboraque a través de la construcción de la Fundición del mismo nombre la cual trataba minerales provenientes de la unidad Coricancha. Asimismo durante esos años se hicieron presentes en la zona las empresas Peruvian Mining Smelting & Refining y Backus & Johnston con la construcción y puesta en operación de la Fundición Río Blanco y la Fundición Casapalca respectivamente.

El inicio de las operaciones del Complejo Metalúrgico La Oroya en el año de 1922 a través de las fundiciones de cobre y plomo causó la paralización de las refinerías Tamboraque, Río Blanco y Casapalca en el año de 1934, acentuándose este hecho en Tamboraque por el enfrentamiento de la población en contra de la fundición de Negociación Minera Lizandro Proaño S.A (en adelante NMLPSA).

Una década después aproximadamente, la Mina Tamboraque reinicia sus operaciones con una planta concentradora de flotación de minerales de Pb, Cu y Zn con una capacidad de 200 TN/d la cual fue ampliada a 600 TN/d durante el año de 1996 con la aprobación de la Dirección General de Minería a través de una resolución directoral en la cual se contemplaba la construcción y operación de un depósito de relaves en la zona de Máyoc; siendo las empresas Kilborn Perú S.A y Tecnología de Proyectos S.A – Tecprosa las encargadas de su diseño en 1997. A fines del año siguiente el Ministerio de Energía y Minas (en adelante MEM) expide la licencia para la construcción y operación del depósito de relaves de Máyoc. Este hecho originó la denuncia de los pueblos de Glorieta de Máyoc y Daza (los más próximos a la ubicación del mencionado depósito) a las autoridades peruanas por lo que en mayo de 1999 la Municipalidad de San Mateo presentó una denuncia ante el Juez Mixto de Huarochirí contra NMLPSA por los problemas de contaminación que originaba la relavera de Máyoc. Como consecuencia de estas denuncias el 06 de julio de 1999, la Dirección General de Minería a través de la resolución directoral 110-99-EM/DGM resolvió paralizar las operaciones metalúrgicas de la planta de beneficio de Tamboraque y del depósito de relaves de Máyoc por no contar con las autorizaciones respectivas lo cual es un hecho contradictorio ya que el mismo ministerio otorgó la licencia de construcción y operación del mencionado depósito de relaves.

Ante estos sucesos, en octubre de este mismo año se crea la Comisión de Defensa de la Ecología y del Medio Ambiente – CODEMA, la cual presidió la primera movilización de la población en contra del depósito de relaves de Máyoc el 19 de mayo del 2000 motivo por el cual llegaron a la zona diversos representantes del estado originando que la Dirección General de Salud – DIGESA realizara la primera evaluación de salud en los pobladores de Máyoc.

En septiembre de este mismo año NMLPSA paralizó sus operaciones por problemas financieros asumiendo la titularidad de las operaciones la empresa Wiese Sudameris Leasing S.A (en adelante WSL) el 01 de enero del 2001.

En calidad de nuevo titular, WSL constituye la empresa Concentradora de Minerales Fortuna S.A.C la cual para un mejor manejo de las operaciones encarga la administración de la unidad de Tamboraque a la empresa Larizbeascoa & Zapata S.A.C (en adelante LYZ).

Una de las primeras medidas que realizó LYZ, fue la aplicación de un polímero supresor de polvo para controlar las emisiones provenientes de la relavera de Máyc, hecho que no fue aprobado por el MEM ordenándose la paralización definitiva de la relavera. Ante esta negativa del ministerio, al año siguiente LYZ realizó la construcción de un cerco perimetral, la colocación de suelo local como base del depósito y la revegetación con plantas de la zona entre las medidas más importantes en el depósito de relaves.<sup>11</sup>

No obstante de estas medidas, continuaron las quejas de la población y el 23 de febrero del 2003 el Comité de Afectados por la Minería de Máyc y el Comité de Defensa de la Ecología y Medio Ambiente de San Mateo con el respaldo del CONACAMI (Consejo Directivo Nacional de la Confederación Nacional de Comunidades del Perú Afectadas por la Minería) presentaron una denuncia ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) contra el Estado Peruano por violación del derecho a la vida, la salud y por la desatención a las víctimas de la contaminación. Ante estos sucesos LYZ inició el traslado de los relaves a la canchas 1 y 2 de Tamboraque lo cual fue impedido por el MEM por no contar este traslado con un Estudio de Impacto Ambiental teniendo como consecuencia la paralización de la planta concentradora.

Al año siguiente en diciembre del 2004, WSL encarga a SVS Ingenieros S.A la elaboración de un estudio para la remoción y traslado de los relaves de Máyc a fin de

---

<sup>11</sup>SVS INGENIEROS S.A. (2005). Plan de Cierre del Depósito de Relaves de Máyc de Wiese Sudameris Leasing S.A.

dar solución a esta problemática con la selección de la mejor alternativa. Luego de la presentación de este estudio, la Mesa Técnica presidida por el MEM propone el traslado de los relaves por el método de “Relleno Hidráulico”. Al año siguiente el MEM mediante resolución directoral 230/2005 aprueba el Plan de Cierre Definitivo de la cancha de relaves de Máyoc presentado por WSL, con lo cual se aprueba su traslado hacia las canchas 1 y 2 de Tamboraque a través del método de “Inertización” propuesto por WSL el cual fue ejecutado por la Compañía Tracap S.R.L

En marzo de 2006, Compañía Minera San Juan S.A celebró un contrato de transferencia mediante el cual adquirió todas las concesiones del proyecto, siendo actualmente titular de Minera Tamboraque.

**- Descripción del proyecto<sup>12</sup>**

Las operaciones mineras llevadas a cabo por Compañía Minera San Juan S.A desde el año 2006, se desarrollan en la localidad de Viso-Aruri el distrito de San Mateo de Huanchor a la altura del Km 90.5 de la carreta central específicamente aguas arriba del punto de unión entre la quebrada Parácar y el río Rímac a una altitud que va desde los 3000 a 4000 m.s.n.m. Su ubicación en coordenadas UTM se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 24**  
**Ubicación de Compañía Minera San Juan S.A**

<b>Descripción</b>	<b>Coordenadas UTM (PSAD 56)</b>	
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
Mina Coricancha	358,164	8'693,298
Instalaciones industriales	356,000	8'698,000
	361,000	8'698,000
	361,000	8'692,000
	356,000	8'692,000

Fuente: Plan de Cierre Unidad Minera Tamboraque, 2006.

<sup>12</sup> Consulcont S.A. (1996). Estudio de Impacto Ambiental para el Traslado y Disposición Final del Relave de Máyoc. Lima/ Vector Perú S.A.C. (2006). Plan de Cierre de la Unidad Minera Tamboraque. Lima.

Las reservas de la unidad minera se han estimado en 1.32 millones de toneladas métricas para un período de vida de 6 años con una producción de relaves de 0.53 millones de metros cúbicos para ese período de vida de la mina. Al año 2006 la tasa de producción es de 592 TN/día.

**- Proceso de minado**

El método de minado empleado por Compañía Minera San Juan S.A en la mina Coricancha es el subterráneo. Las labores mineras se desarrollan principalmente en las vetas bocaminas llamadas Constancia y Wellington las cuales son depósitos polimetálicos de plata, plomo, cobre, zinc y oro conformadas por minerales de galena, esfalerita, chalcopirita, tetraedrita, pirita, arsenopirita y cuarzo.

**- Planta de beneficio**

La planta de beneficio de Tamboraque tiene la capacidad de procesar aproximadamente 600 TN/día de sulfuros; el ciclo de los procesos metalúrgicos que se realizan en dicha planta se describe a continuación.

El mineral proveniente de la mina pasa a una etapa de chancado primario y chancado secundario para luego ser enviado a la etapa de molienda hasta obtener un mineral con un diámetro menor a  $3/4$  “. Luego de obtenerse el mineral con esta granulometría se le envía a la planta de flotación de plomo y flotación de zinc en donde se obtienen los concentrados de plomo y zinc respectivamente. Seguidamente el mineral pasa a la etapa de flotación de pirita y arsenopirita de donde se obtienen los concentrados de pirita y arsenopirita respectivamente. El concentrado de arsenopirita es ingresado a la planta de lixiviación bacteriana o biolixiviación para un proceso de oxidación por la acción de bacterias las cuales atacan la superficie de la arsenopirita permitiendo el ingreso del cianuro para disolver el oro atrapado en su interior mediante su adsorción en carbón activado.

De este proceso productivo se generan 04 tipos de relaves:

- Relave 1: Es el relave producido de la flotación de pirita y arsenopirita, el cual constituye el 75% del relave general.
- Relave 2: Es el concentrado de pirita calificado como relave por su bajo valor y representa el 10% del relave total.
- Relave 3: Son los líquidos provenientes de la neutralización de la planta de lixiviación bacteriana, que consiste en un precipitado de arseniatos de fierro y representa el 7.5% del relave total.
- Relave 4: Es el relave producido en la etapa de cianuración para la destrucción del cianuro, y constituye el 7.5% del relave total.

La producción de relaves diaria es de 600 TM con la siguiente distribución: Relave general de Flotación (450 TM/día), Concentrado de Pirita (60 TM/día), Sólidos neutralizados - precipitados (45 TM/día) y Relave cianurado (45 TM/día).

Los relaves generados ingresan a un tanque espesador para el retiro de los líquidos y luego pasan a un sistema de filtrado. Seguidamente son trasladados por medio de volquetes a la cancha de relaves para su posterior compactación.

Finalmente los concentrados obtenidos son transportados por medio de volquetes o por vía férrea al puerto del Callao.

A continuación se indica la producción de Compañía Minera San Juan S.A, desde el año 2005 hasta el año 2009.

Tabla 25  
**Producción de Cobre – Compañía Minera San Juan S.A**

Cu (TMF)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	20	20	28	21	5	0	0	0	0	0	0	0	94
2007	0	0	0	0	0	0	22	34	23	18	27	23	147
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.

**Tabla 26**

**Producción de Oro – Compañía Minera San Juan S.A**

<b>Au (Gr.f)</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Total</b>
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	19.215	16.577	30.065	25.409	6.432	0	0	0	0	0	0	0	97.698
2007	0	0	0	0	0	0	2.055	17.367	12.167	7.153	13.365	14.987	67.093
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.

**Tabla 27**

**Producción de Zinc – Compañía Minera San Juan S.A**

<b>Zn (TMF)</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Total</b>
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	170	140	194	204	46	0	0	0	0	0	0	0	756
2007	0	0	0	0	0	0	92	143	159	152	162	145	853
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.

**Tabla 28**

**Producción de Plata – Compañía Minera San Juan S.A**

<b>Ag (Kg.f)</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Total</b>
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	967	945	1.293	1.072	244	0	0	0	0	0	0	0	4.521
2007	0	0	0	0	0	0	441	787	768	752	776	815	4.340
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.



Tabla 29  
Producción de Plomo – Compañía Minera San Juan S.A

Pb (TMF)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	119	121	163	157	37	0	0	0	0	0	0	0	597
2007	0	0	0	0	0	0	54	68	97	102	81	91	494
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.

#### - Principales impactos ambientales

Los principales impactos ambientales generados por la operación de la mina Tamboraque son los siguientes:

- Drenaje ácido: Provenientes de las labores subterráneas de mina.
- Canchas de relaves: Son 06 canchas de relave y son las siguientes: Canchas de relave 1, Cancha de relaves 2, Cancha de relaves Aruri, Cancha de relaves Triana, Cancha de relaves 4 y Cancha de relaves de Máyoc.
- Desmontes de mina: Se han identificado 11 áreas de desmonte de mina.
- Alteración de la geomorfología del paisaje.

#### - Situación de la actividad minera

Actualmente Compañía Minera San Juan ha encargado a la consultora SVS Ingenieros S.A.C la realización un Estudio de Impacto Ambiental para el nuevo depósito de los relaves de Tamboraque debido a la declaración de emergencia del Cerro Tamboraque por el peligro de deslizamientos, señalada en el D.S. N°50-2008-PCM, lo cual de acuerdo al estudio se transportará a Chinchán perteneciente al distrito de Chicla en un terreno de 40 Ha. Dicho estudio ya ha sido presentado al Ministerio de Energía y Minas para su revisión y posterior emisión de observaciones.

Respecto a la actividad minera, la mina Coricancha ha estado en etapa de explotación durante los años 2007 y 2008, no habiéndose declarado actividad minera de explotación para los meses de enero a julio del presente año ante el Ministerio de Energía y Minas.

### **3.2.2 Negociación Minera El Molino S.A<sup>13</sup>**

- El 06 de marzo de 1996 se celebra un contrato de transferencia de derechos mineros del Sindicato de Trabajadores Mineros de Millotingo y del Sindicato de Empleados de Compañía Minera Millotingo representados por la Empresa Minera Huaica Rumi S.A – EMHURSA a Negociación Minera El Molino S.A.
- El 18 de junio de 1996 Negociación Minera El Molino S.A presenta al Ministerio de Energía y Minas una solicitud para que se le otorgue la concesión de la Planta de Beneficio Tonsuyoc.
- El 25 de junio de 1996 el MEM notifica a Negociación Minera El Molino S.A para que en un plazo de 30 días cumpla con presentar su Estudio de Impacto Ambiental y su autorización de aguas.
- El 01 de julio de 1996, Negociación Minera El Molino S.A presenta su Estudio de Impacto Ambiental al MEM.
- El 04 de julio la Dirección General de Minería solicita a la Dirección General de Asuntos Ambientales la revisión del EIA.
- El 23 de agosto de 1996 la Dirección General de Asuntos Ambientales del MEM emite un informe con las observaciones al EIA de la planta de Tonsuyoc.
- El 29 de agosto se notifica a Negociación Minera El Molino S.A para que proceda a subsanar las observaciones hechas a su EIA.
- El 18 de septiembre, Negociación Minera El Molino S.A solicita al MEM una prórroga de tiempo para que pueda cumplir con la subsanación de sus observaciones.

---

<sup>13</sup> Asesores y Consultores Mineros S.A. (1996). Estudio de Impacto Ambiental de la Planta de Beneficio Tonsuyoc. Lima.

- El 02 de octubre se notifica a Negociación Minera El Molino S.A en la cual se le informa que el MEM le ha concedido un plazo adicional de 30 días para la subsanación de sus observaciones.
- El 14 de enero de 1997, el Ministerio de Energía y Minas emite un informe en donde se declara en abandono la solicitud para la concesión de beneficio de Tonsuyoc por no haber cumplido con presentar las subsanaciones de las observaciones y habiendo transcurrido el tiempo en demasía incurriendo en una causal de abandono conforme al Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, siendo notificada Negociación Minera El Molino S.A el 17 de enero de 1997.
- **Descripción del proyecto**

La planta de beneficio Tonsuyoc está ubicada en el distrito de San Mateo cerca al río Tonsuyoc y a la quebrada Huayca a 4020 m.s.n.m. El acceso a la planta se realiza desde Lima a San Mateo y de ahí por el paraje de Pachachaca hasta llegar a la comunidad campesina de Párac y posteriormente a la planta Tonsuyoc. La Concesión de la Planta de Beneficio tiene una Extensión de 187.5 Ha y su ubicación se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 30**  
Ubicación de la Planta de Beneficio de Tonsuyoc

Derechos Mineros	Coordenadas UTM		Área ( Ha)
	Este	Norte	
Concesión de Beneficio Tonsuyoc	366500	8693000	187.50
	366500	8690500	
	365750	8690500	
	365750	8693000	

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental para la Planta de Beneficio Tonsuyoc, 1996.

La capacidad instalada de la planta es de 500 TM/día, teniendo como fuente de abastecimiento de agua para el tratamiento del mineral al río Huayca con un volumen de extracción de agua de 0.48 m<sup>3</sup>/minuto y obteniendo como producto final plata.

La actividad minera se desarrolla dentro de los terrenos de propiedad de la misma compañía los cuales han sido catalogados como terrenos eriazos para el desarrollo de otras actividades productivas.

**- Proceso de minado**

El proceso de minado utilizado es el de minería subterránea, empleándose en un 90% el método de corte y relleno y en un 10% el método de reducción.

**- Planta de beneficio**

La planta concentradora Tonsuyoc realiza el tratamiento del mineral proveniente de la mina y el retratamiento del relave almacenado durante la producción. Ambos beneficios se realizan simultáneamente. El proceso metalúrgico seguido es del tipo convencional y se describe a continuación.

- Almacenamiento: El mineral proveniente de las diferentes labores de mina es trasladado en volquetes de aproximadamente 10 TN de capacidad y almacenado en una tolva de mineral grueso que tiene una capacidad de 80 TCS (toneladas cortas secas).
- Chancado: Se realiza en 02 etapas.  
Chancado primario: Consiste en la reducción del mineral desde 1 ½ “ hasta ½ “ a través del uso de chancadoras y zarandas.  
Chancado secundario: El mineral es reducido a una granulometría menor a ½ “ a través del uso de tolvas y fajas transportadoras.
- Molienda: En esta fase el mineral proveniente de la etapa de chancado es almacenado en tolvas de finos las cuales alimentan a los molinos de bolas que constituye el medio moledor del mineral.
- Flotación: El circuito de flotación de la planta consiste de dos bancos dispuestos en forma paralela. El primer banco está formado por 14 celdas para la refluotación de los relaves ya que este relave contiene aproximadamente 4.5 onzas/TC de plata (Ag). El

segundo banco sirve para la flotación del mineral y para obtener el preconcentrado del retratamiento de los relaves. Al final de esta etapa se obtendrá un concentrado de alta ley.

- Filtrado: La pulpa seca obtenida de la etapa de flotación es sometida a un sistema de filtro produciéndose un concentrado que es almacenado en un tolván para luego ser pesado en bolsas de polietileno y proceder a su envío a Lima ó a la Oroya.

Es necesario indicar que la disposición de los relaves se realiza siguiendo el método aguas arriba en un área de 3 Ha situado al lado este de las instalaciones de la planta concentradora; el agua resultante es clarificada y liberada al río Tonsuyoc libre de sólidos.

#### - Principales impactos ambientales

El impacto ambiental más significativo previsto cuando la planta de beneficio inicie operaciones es la generación de efluentes provenientes de la cancha de desmonte, del depósito de relaves y de las actividades humanas, los cuales serán descargados al río Tonsuyoc.

#### - Situación de la actividad minera

Negociación Minera El Molino S.A no ha declarado por actividad minera de explotación ante el Ministerio de Energía y Minas para el año 2009.

### 3.2.3 Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A<sup>14</sup>

- El 30 de enero del 2002 Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A (COMACSA) presenta a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas su Estudio de Impacto Ambiental para la explotación de minerales no metálicos del Proyecto Nuestra Señora de las Mercedes ubicado en el distrito de San Mateo el cual consta de 05 concesiones: Nuestra Señora de las Mercedes 1 (9 hectáreas), Nuestra Señora de las Mercedes 3 (3 hectáreas), Nuestra Señora de las

---

<sup>14</sup> Minera Interandina de Consultores S.R.Ltda. (2001). Estudio de Impacto Ambiental para la Explotación de Minerales No metálicos en la Región Centro del Perú: Proyecto Nuestra Señora de las Mercedes. Lima.

Mercedes 4 (9 Hectáreas), Nuestra Señora de las Mercedes 5 (24 Hectáreas) y Pacota (4 Hectáreas).

- El 05 de marzo del 2002 la Dirección General de Asuntos Ambientales emite un oficio dirigido a COMACSA en donde indica todo lo que la empresa deberá presentar para la realización de la audiencia pública.
- La audiencia pública fue realizada el 09 de abril del 2002 en Lima.
- El 18 de abril del 2002 la Dirección General de Asuntos Ambientales del MEM emite un informe con las observaciones realizadas al EIA dándole un plazo de 90 días para su cumplimiento; en donde se señala que el EIA solo será considerado para la concesión Nuestra Señora de las Mercedes 5 ya que casi toda la información está relacionada a ella, quedando pendiente la presentación de otro EIA para la ejecución de las otras concesiones.
- El 04 de octubre del 2002 COMACSA presenta al MEM su informe de levantamiento de observaciones.
- El 24 de marzo del 2004 el Ministerio de Energía y Minas a través de la R.D N° 104-2004-MEM/AAM aprueba el Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Nuestra Señora de las Mercedes 5.

**- Descripción del proyecto**

La empresa Minera Agregados Calcáreos S.A, está ubicada en el distrito de San Mateo, específicamente entre las quebradas Párac, Pachampajana y Pitoranga en la margen izquierda del río Rímac por encima de los 4800 m.s.n.m. La ubicación geográfica de la concesión Nuestra Señora de las Mercedes 5, se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 31**  
Proyecto Nuestra Señora de las Mercedes 5

Derechos Mineros	Coordenadas UTM		Área ( Ha)
	Este	Norte	
Nuestra Señora de las Mercedes 5	363925	8695281	24
	363721	8694508	
	363432	8694584	
	363635	8695357	

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Nuestra Señora de las Mercedes, 2001.

El proyecto consiste en la explotación a tajo abierto (cantera) para la explotación de arcilla mediante gradines con una altura máxima de 1.50 m, con una producción programada por campaña de 30 TM/día o 775 TM/mes. Las reservas de mineral están conformadas por 46500 TM y la vida estimada de la cantera es de 20 años. Las campañas tienen una duración de 3 meses/año.

La actividad minera se desarrolla dentro de los terrenos superficiales de la comunidad de San José de Párac los cuales han sido catalogados como terrenos eriazos para el desarrollo de otras actividades económicas.

**- Proceso de minado**

El ciclo de minado consta de cuatro etapas: Desencapado, Desbroce, Extracción y Clasificación.

- Desencapado: Consiste en el retiro del recubrimiento orgánico a una cancha de material orgánico para su posterior utilización en las actividades de mitigación o cierre. Se tiene previsto retirar 2680 TM de material orgánico.
- Desbroce: Consiste en el retiro manual del material estéril o de desmonte que se encuentra junto con la arcilla. El volumen estimado de material estéril es de 16 000 TM, debido a que la relación de desmonte - mineral es de 2/1 (50%).

- Extracción: Luego de retirar el material estéril, el mineral económico o arcilla es extraído manualmente con el uso de carretillas, picos y lampas. El mineral extraído se envía a una cancha de minerales. En esta fase de extracción no se usan explosivos.
- Clasificación (llamado también Pallaqueo): La clasificación se realiza en forma manual en la misma cancha de minerales basándose en propiedades tales como el color y la dureza del material. Luego este material clasificado es enviado a Lima para su beneficio.

**- Principales impactos ambientales**

Los principales impactos ambientales que han sido previstos durante el desarrollo de este proyecto son los siguientes.

- Geomorfología: Alteración a la geomorfología de la zona y del paisaje, catalogado como el impacto más importante.
- Suelo: Remoción de material superficial, aproximadamente 2680 TM.
- Agua superficial: Respecto al volumen de uso de agua de la quebrada Párac, se tiene previsto la extracción de 160 m<sup>3</sup>/ mes para el humedecimiento del material, considerando que el caudal de la quebrada Párac en época de estiaje es de 2 m<sup>3</sup>/min.

Respecto a la calidad del agua se tomarán medidas para evitar el ingreso de partículas de caliza desde la cantera hacia las aguas superficiales y subterráneas.

**- Situación de la actividad minera**

Durante los años 2006, 2007 y 2008 las unidades mineras Nuestra Señora de las Mercedes N° 3, Nuestra Señora de las Mercedes N° 5 y Pacota se han encontrado en etapa de exploración. Para los meses de enero a julio del presente año han declarado ante el Ministerio de Energía y Minas actividades de Cateo y Prospección para algunas concesiones y para otras actividades de explotación.



### 3.2.4 Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A.<sup>15</sup>

- El 30 de enero del 2003 Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A (CIMALSA) presenta a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental – PAMA de la planta de beneficio CIMALSA de la unidad Eduardo Segundo Augusta con la finalidad de acogerse a la Ley 27651 (Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal) aprobada en enero del 2002, la cual establecía que los pequeños productores mineros que a la fecha de la publicación de la referida ley no contaran con un EIA o un PAMA deberían presentar dentro del plazo de un año su respectivo PAMA.
- El 21 de mayo de 2003 la Dirección General de Asuntos Ambientales emite un informe con las observaciones realizadas al PAMA de CIMALSA, dándole un plazo de 60 días para la subsanación de las observaciones.
- El 25 de agosto de 2003 CIMALSA presenta su informe con la subsanación de las observaciones.
- El 05 de septiembre de 2003 la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros emite un informe indicando que persisten observaciones al PAMA, dándole un plazo de 60 días calendario para la subsanación de las observaciones no absueltas.
- El 04 de noviembre de 2003 CIMALSA presenta nuevamente la subsanación de las observaciones faltantes.
- El 06 de noviembre de 2003 la comunidad campesina de San Antonio envía a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros un petitorio oponiéndose a la aprobación del PAMA de CIMALSA exponiendo los motivos de esta petición.
- El 10 de marzo de 2004, CIMALSA presenta nuevamente la subsanación de las observaciones hechas al PAMA, así como su descargo correspondiente ante la

---

<sup>15</sup> Greca Ingeniería y Servicios S.A.C. (2003). Programa de Adecuación y Manejo Ambiental de la Planta de Beneficio CIMALSA. Lima.

denuncia presentada por la comunidad campesina de San Antonio con los documentos probatorios.

- El 19 de abril de 2004, mediante Resolución Directoral N° 140-2004-EM/DGAA, la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros aprueba el PAMA de Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas para las concesiones “Eduardo Segundo”, “Tardo Pero Llego” y para el denuncia “CIMALSA”.

**- Descripción del proyecto**

La planta de beneficio Cimalsa está ubicada en la margen izquierda del río Rímac en el paraje Parcochacra perteneciente al distrito de San Mateo a una altitud de 3400 m.s.n.m. El acceso a la planta se realiza desde Lima hasta San Mateo por carretera asfaltada en un recorrido de 96 Km y desde San Mateo hacia la Planta Cimalsa por carretera afirmada en un tramo de 4 Km. La ubicación geográfica de la planta de beneficio se muestra a continuación.

**Tabla 32**  
**Ubicación de la Planta de Beneficio Cimalsa**

Concesión	Coordenadas UTM (PSAD 56)		Área ( Ha)
	Este	Norte	
Eduardo Segundo Augusta	360374.24	8702062.83	—
	360772.54	8701614.10	
	354875.09	8700817.50	
	359476.79	8701266.23	
Tardo Pero Llego	630760.27	8701686.98	40
	361024.83	8701386.96	
	360274.78	8700725.58	
	360010.22	8701025.60	
Cimalsa	359462.875	8701304.180	49
	359988.721	8701765.515	
	360450.056	8701239.669	
	359924.210	8701778.334	

Fuente: PAMA de la Planta de Beneficio CIMALSA, 2003.

La empresa realiza actividades de explotación de minería no metálica para la extracción de carbonato de calcio y la obtención de cal. La producción diaria de caliza crema alcanza un máximo de 120 TM/día. El agua para uso industrial es tomada por gravedad de la quebrada Río Pallana y es transportada mediante tuberías hasta un reservorio de distribución con capacidad de 60 m<sup>3</sup>. El agua para consumo humano es captada de un manantial ubicado a 760 m al SE de la planta.

**- Proceso de minado**

La explotación de la caliza se realiza mediante un sistema de tajo abierto de tipo cantera para lo cual previamente se desbroza el área, luego se procede a la perforación de los taladros mediante el uso de perforadoras y finalmente se procede a las operaciones de voladura con el uso de explosivos (dinamita Anfo).

**- Planta de beneficio**

En planta de beneficio la caliza es objeto de un tratamiento mecánico que consiste en el chancado y molido para luego pasar a la etapa de calcinación la cual se realiza en hornos a temperaturas de 1100°C de donde se obtienen los productos finales de carbonato de calcio, cal viva y cal hidratada los cuales son embolsados y almacenados para su posterior carguío.

La capacidad instalada y operativa de la planta de beneficio es de 60 TM/día respectivamente.

A continuación se indica la producción de Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A, para los productos de caliza y cal.

**Tabla 33**  
**Producción de Caliza – Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A**

Caliza (TM)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2008	7.604	3.368	5.107	2.010	4.841	112	113	360	276	182	617	336	24.926
2007	653	461	386	418	2.957	508	547	548	4.857	7.126	4.587	7.200	30.248
2006	14	48	0	386	150	511	1.399	714	730	640	719	474	5.785
2005	0	0	0	0	2.500	2.500	0	0	0	0	0	7	5.007
2004	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.

**Tabla 34**  
**Producción de Cal – Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A**

Cal ( TM)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2006	221	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	383
2005	383	382	482	413	231	269	293	320	214	287	346	240	3.860
2004	421	235	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	663

Fuente: Dirección General de Minería – Estadística Minera.

#### **- Principales impactos ambientales**

Los principales impactos ambientales que han sido previstos durante las operaciones de la planta de beneficio son los siguientes:

- Alteración de la topografía: La cual ha sido modificada por las labores de explotación, así como por la instalación de la planta de beneficio, plataformas, equipos, talleres, canchas de desmonte, canchas de productos finales, carreteras de accesos entre otros.
- Alteración de la calidad de aire: Debido a la generación de polvos de carbonato de calcio y óxido de calcio provenientes de las operaciones de voladura en las canteras y de la planta de beneficio. Asimismo se generan emisiones de gases (SO<sub>2</sub>, NO, CO, hidrocarburos no metanos) provenientes de la etapa de calcinación.

- Contaminación y/o alteración de los suelos: A través de la remoción del suelo y de la vegetación para las operaciones de minado.

En el estudio se indica que en las operaciones se utiliza agua en muy pequeña escala solo para el tratamiento de cal hidratada e hidróxido de calcio por lo que no hay descarga de efluentes líquidos. Asimismo se menciona que no existen aguas superficiales ni subterráneas en el área de las operaciones mineras por lo cual no se genera contaminación de aguas superficiales ni subterráneas.

#### **- Situación de la actividad minera**

La unidad minera “Eduardo Segundo Augusta” viene realizando actividades de explotación desde el año 2006 y actualmente también han declarado para el primer semestre del presente año actividades de explotación. La unidad minera “Tardo Pero Llego” se encuentra sin actividad minera desde el año 2006.

Respecto a las actividades de exploración, es necesario mencionar que en la zona se han realizado actividades de exploración minera por parte de las empresas S.M.R.L Teodoro, Esperada S.A.C, Consorcio de Ingenieros Ejecutores Mineros S.A, Mimina S.A.C, Valenzuela Martínez Hildebrand, Minera High Ridge del Perú S.A.C y Colquicocha Minera S.A.C.

### **3.3 La Actividad Minera y los Efectos en la Salud**

En el distrito de San Mateo, se han realizado una serie de estudios e investigaciones respecto a los efectos en la salud causados por la presencia de metales pesados debido a la actividad minera; principalmente por la presencia de relaves mineros y su proximidad a la población, los que han dado lugar a una serie de efectos adversos en la salud de los pobladores; como se describe a continuación.

**La Dirección de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (DIGESA)**, realizó en el año 2000 la Evaluación de la Salud de los Pobladores de las localidades de Máyoc y Daza, con el objetivo de evaluar la salud de los pobladores que residían en las localidades aledañas a la cancha de relaves de Compañía Minera Lizandro Proaño S.A; concluyéndose que: a) El nivel de hemoglobina encontrado en las poblaciones estudiadas es mucho menor en los niños que en los adultos, b) El nivel de concentración de plomo en sangre en los pobladores evaluados de ambas localidades, es mucho mayor en los niños que en los adultos. Siendo los niveles de excreción del plomo por orina y cabellos relativamente bajos, c) La tercera parte de la población evaluada presentó absorción de cadmio, d) Las dos terceras partes de la población evaluada demuestran la alta absorción de arsénico y e) Los niños evaluados de ambas localidades presentan absorción simultánea por encima de los límites permisibles de uno a tres contaminantes (plomo, arsénico y cadmio).

La Dirección de Salud IV de Lima en marzo del 2001, en su estudio ***“Evaluación Clínica-Epidemiológica de los pobladores de las localidades de Máyoc, Daza, Pite y Marpa, del distrito de San Mateo de Huanchor”***, concluyó que el 96% de la población presentó valores de plomo sobre los límites permisibles, el 45.5 % presentó valores de arsénico en orina por encima de los límites permisibles; asimismo que al 45 % de esta población se les encontró signos clínicos como alteraciones de la piel (hiper o hipo pigmentaciones, vesículas, úlceras, lesiones máculo-papulosas, uñas con estrías blanquecinas) señalando que pueden estar relacionadas a la presencia de metales. Asimismo en esta evaluación se consideró el aspecto psicológico en donde se concluyó que el 38.3 % de la población de Máyoc presenta algún tipo de alteración de la memoria, atención y concentración, mientras que el 14.9 % presenta síndromes de tipo ansioso-depresivo.

En otro estudio realizado por la ***Dirección de Salud IV de Lima*** en octubre de 2001 se demostró que los habitantes de San Mateo de Huanchor fueron contaminados con metales pesados. El monitoreo de los niveles de exposición por metales pesados en la población de San Mateo demostró que el 67.8% presentó valores de plomo por encima

de los límites permisibles, el 24.9% presentó valores de cadmio por encima de los límites permisibles, y el 19% presentó valores de mercurio por encima de los límites permisibles. Dicho estudio probó que la proximidad a los relaves incide significativamente en la contaminación con los metales. Asimismo, el estudio determinó que las personas próximas a los relaves presentaron niveles de arsénico y de plomo en porcentajes de 90.9 % y 68.9 % respectivamente.

El Instituto de Salud y del Trabajo (ISAT), en su estudio ***“Minería y Salud Ambiental en la Cuenca del Rímac: El Caso de la Población de Máyoc en San Mateo de Huanchor”***, de septiembre del 2002, realizó una evaluación en los grupos más vulnerables de la población (niños, mujeres en edades fértiles y trabajadores) sobre los efectos del plomo y del arsénico, donde se concluye que los daños en la salud física y mental son compatibles con la intoxicación crónica de los elementos como el plomo y el arsénico y que los problemas más importantes en la salud física son dermatitis crónica y disfunción hepática asociadas a la presencia de estos metales de acuerdo a la bibliografía y a amplios estudios de investigación. De la evaluación psicológica se concluye que el 86 % de los niños y el 45 % de los adultos presentan niveles de capacidad intelectual inferior al término medio. También se indica que el 38 % de los niños presentan Índice de Disfunción Cerebral, seguido del 31 % que presentan niveles de inmadures visomotora, el cual está referido a la capacidad del lenguaje y a diversas funciones de la inteligencia tales como percepción visual, habilidad motora manual, memoria, capacidad de organización, entre los signos más importantes.

Según Ramos, Willy, et al), (2003), en su estudio denominado ***“Queratosis arsenical en pobladores expuestos a relaves mineros en altura en San Mateo de Huanchor: ¿sinergismo entre arsenicismo y daño actínico crónico?”***, se encontró 8 casos de queratosis arsenical en una población de 119 personas expuestas a relaves mineros con daño actínico crónico (con una tasa de prevalencia de 6,7 casos por 100 habitantes). La edad promedio de los pacientes fue 38,63 más menos 25,90 años y 75 % de casos fueron de sexo masculino. La distribución de las lesiones de queratosis fue en palmas de manos (3 pobladores); plantas de pie (2 pobladores); tórax (1 poblador); muslos (1

poblador); palmopltar (1 poblador). El 87,5 % presentó multiplicidad de lesiones. El 100 % de los pacientes mostró en el examen histológico hallazgos compatibles con queratosis arsenical. En relación al daño actínico crónico, 100 % de casos presentó dermatitis actínica en la región facial; 62,5 % queratosis actínica, y 25 % queilitis actínica, concluyendo que: La queratosis arsenical es una patología frecuente en los pobladores del distrito de San Mateo de Huanchor expuestos a relaves mineros en altura. El daño actínico crónico podría tener un efecto sinérgico para el desarrollo de cáncer de piel en las lesiones arsenicales.

Según Ramos, Willy, et al), (2003), en su estudio denominado *“Enfermedades dermatológicas de tipo no infeccioso asociadas a exposición crónica a metales pesados de relaves mineros, Estudio de Caso: San Mateo de Huanchor”*, el cual fue realizado en las comunidades de Máyoc, Daza y Tamboraque considerándolas como población expuesta a relaves mineros y a las comunidades de Chocna y Caruya como población no expuesta, de donde se obtuvo como resultados que de 121 personas expuestas a relaves mineros el 71.1% presentaba alguna enfermedad dermatológica de tipo no infeccioso, y que de 109 personas no expuestas el 33.9 % presentaba alguna enfermedad dermatológica de tipo no infeccioso., concluyéndose que: La exposición crónica a relaves mineros mediante la toxicidad por metales pesados incrementa la frecuencia y el riesgo de desarrollar enfermedades dermatológicas de tipo no infeccioso.

En una investigación realizada por la *Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima* en el año 2003, en 121 personas de las cuales 45 procedían de Máyoc (37.2%), 14 de la comunidad de Tamboraque (11.6%) y 62 de la comunidad de Daza (51.2%) ubicadas en el Distrito de San Mateo, se encontraron enfermedades dermatológicas de tipo infeccioso asociados a la exposición crónica a metales pesados de relaves mineros. El estudio concluye que la población evaluada presentó alguna enfermedad dermatológica y de no reubicarse los relaves y al aumentar el tiempo de exposición de la población, la aparición de cáncer en la piel sería latente.



## CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

### 4.1 Antecedentes de Influencia de la Actividad Minera en la Calidad del Agua

Los antecedentes de influencia de la actividad minera en la calidad del agua en el distrito de San Mateo se remontan a los tiempos prehispánicos y del coloniaje donde se realizaban actividades mineras artesanales con sistemas rudimentarios de amalgamación.

Entre los años de 1852 a 1880 la actividad minera fue continua en la zona explotándose principalmente el mineral de plata; después de la Guerra del Pacífico la minería quedó restringida a pequeñas explotaciones, hasta que en el año de 1895 se comenzaron a tratar en pequeña escala minerales provenientes de la mina Colquipallana por el método de lixiviación.

En el año de 1906, Minera Lizandro Proaño S.A construyó la Fundición Tamboraque para tratar el mineral proveniente de la mina Coricancha. En 1939 se construyó también en Tamboraque una concentradora con capacidad de tratamiento de 50 toneladas por día por el método de flotación.

Prueba de la existencia de la actividad minera en la zona desde épocas muy antiguas se tiene actualmente un inventario de pasivos ambientales dejados por la antigua minería elaborado por el Ministerio de Energía y Minas en el año 2006<sup>16</sup>, además de un registro de la actividad minero metalúrgica en la zona de San Mateo al año de 1977 época en la cual se encontraban en producción empresas mineras dedicadas a la explotación de minerales tales como plomo, plata, cobre y zinc, siendo algunas de ellas S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí, Compañía Minera Millotingo S.A, Negociación Minera Lizandro Proaño, Sociedad Minera Pacococha S.A, Compañía Minera Germania,

---

<sup>16</sup> Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, Resolución Ministerial N° 290-2006-MEM/DM.

Sociedad Minera Viso S.A, Compañía Minera Perú Matucana, Compañía Minera Siberia, Compañía Minera San Mateo, Compañía Minera San Luis, Compañía Minera Santa Fe, Compañía Minera San Nonato, Mina Rinconada, Mina Colquirallana, Mina Victoria, Mina de Huaqui, Mina Esperada y Mina Alberto. Asimismo es necesario mencionar que por la década de los años 70 no se tenía las exigencias de la actual normativa ambiental minera, ya que la Política Ambiental del Perú comenzó en el año 1990 con la promulgación del Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales fecha a partir de la cual comenzó la regulación ambiental en el sub sector minero; así tenemos que los efluentes mineros recién han sido normados en el año 1996 a través de la Resolución Ministerial N° 011-96 que aprueba los niveles máximos permisibles de los efluentes mineros metalúrgicos, siendo este el principal agente de contaminación de las aguas superficiales originado por la actividad minera.

#### **4.2 Análisis de la Evolución de la Calidad del Agua en Relación a los Estándares Nacionales e Internacionales**

El análisis de la calidad del agua ha sido realizado en función a la normativa nacional e internacional para lo cual se ha tomado como referencia de comparación los Estándares de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable, los Estándares de Canadá para Agua de Irrigación, los Estándares de la Ley General de Aguas para la clase II referido al abastecimiento doméstico y para la clase III referido al agua con fines de riego de vegetales y bebida de animales.

A continuación se realiza el análisis de cada elemento del agua que consisten en parámetros físicos químicos y biológicos en siete estaciones de muestreo ubicadas en los cuerpos de agua del distrito de San Mateo (Río Rímac, Río Blanco y Río Aruri), los cuales serán analizados en función a la normativa mencionada.

Los resultados de calidad del agua han sido obtenidos del Área de Recursos Hídricos de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA que tiene como misión la Vigilancia de los Recursos Hídricos en el Perú.

**MAPA DE DIGESA CON LAS ESTACIONES DE MUESTREO**

**MAPA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO de MINERA SAN JUAN**

**MAPA CON LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE DIGESA Y SAN JUAN**

## MAPA PASIVOS

#### 4.2.1 pH

##### - Análisis del pH en función al Estándar de Canadá para Agua Potable.

Para el análisis del pH se ha utilizado como referencia de comparación la Guía de Calidad Ambiental del Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente del año 2005, en vista de que la información a ser analizada corresponde al período del 2003 al 2008, época en la cual la normativa nacional de comparación (Ley General de Aguas – Ley 17752) no contemplaba límites máximos permisibles para el pH. A continuación se presentan los resultados de monitoreo de calidad del agua en las estaciones ubicadas en el distrito de San Mateo que corresponden al río Rímac, río Blanco y río Aruri también llamado quebrada Párac.

Tabla 35  
Valores Promedios Mensuales de pH – Año 2003

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	8,08	8,00	6,90	7,90	7,80	7,90	8,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	8,34	7,90	7,00	8,00	7,90	7,90	8,30
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	8,34	8,20	7,30	8,40	8,20	7,60	8,90
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	7,96	8,00	7,50	8,30	8,10	8,00	8,40
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,87	8,00	7,70	7,80	7,90	8,20	8,30
Estándar de Canadá para Agua Potable		6,5 - 8,5						

El valor resaltado en amarillo excede el estándar de calidad.

Gráfica 1

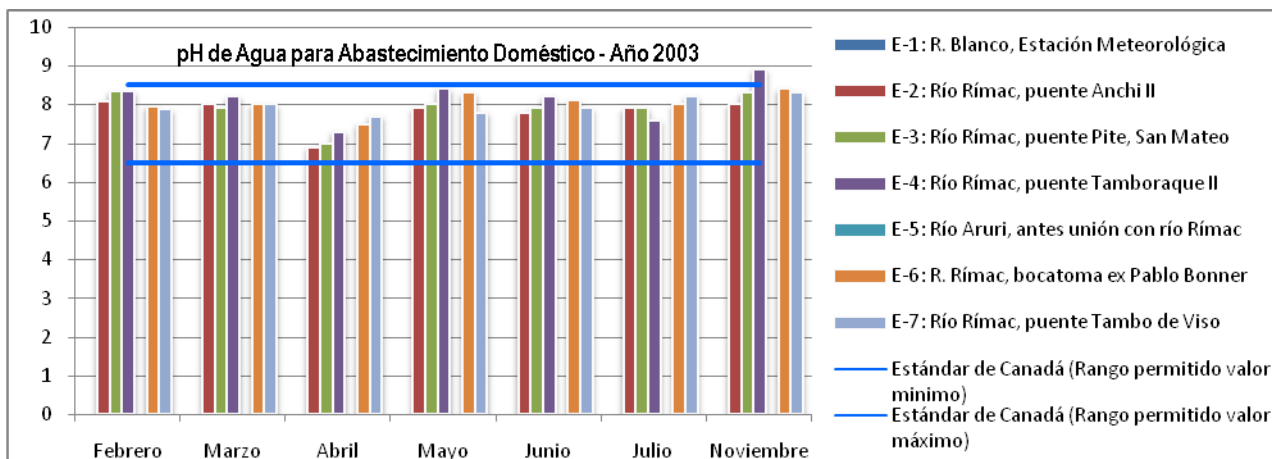


Tabla 36

Valores Promedios Mensuales de pH – Año 2004

Estación	Ubicación	may-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	8,00	8,82	7,10	7,91	6,50	6,50
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	7,70	9,04	5,98	7,89	6,50	7,80
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	7,90	8,34	6,27	7,90	6,50	8,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	8,20	8,50	6,57	8,40	6,50	8,20
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7,90	8,90	6,83	8,10	6,50	7,20
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	8,20	8,22	6,72	7,90	6,50	7,80
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,90	8,21	6,79	7,70	6,00	7,80
Estándar de Canadá para Agua Potable		6,5 - 8,5					

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de calidad.

Gráfica 2

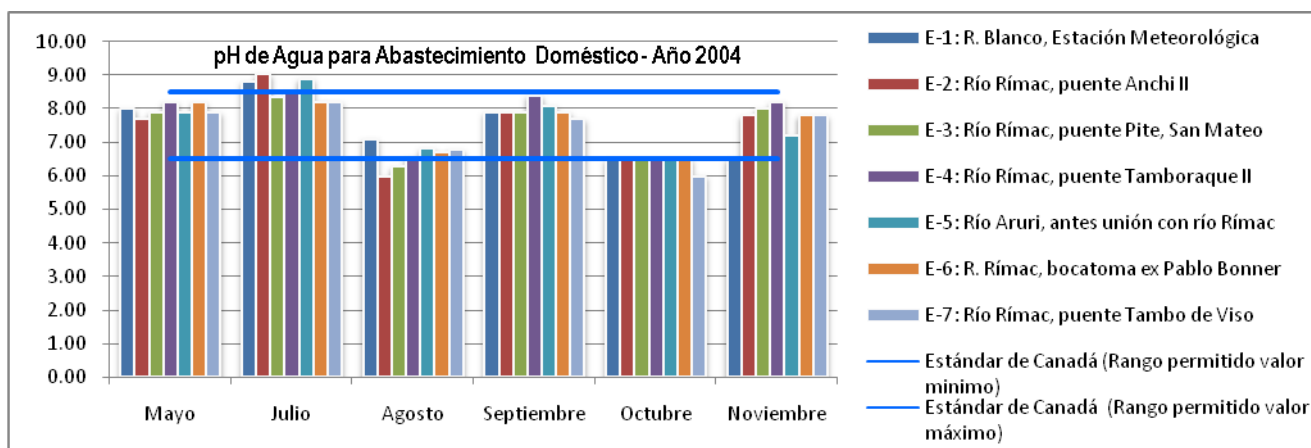


Tabla 37

Valores Promedios Mensuales de pH – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	7,80	7,61	6,94	8,20	8,35	7,98	7,80	8,38
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	7,80	7,38	6,24	7,80	7,94	7,75	7,60	8,45
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	7,80	7,60	7,78	8,20	7,78	7,93	7,80	8,48
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	8,20	7,66	8,04	8,20	8,11	7,93	8,50	8,82
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7,80	7,64	7,75	8,20	8,05	7,91	8,00	8,67
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	8,20	7,50	7,80	8,20	8,02	7,90	8,20	8,59
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,60	7,41	6,94	7,20	7,23	7,92	7,60	8,87
Estándar de Canadá para Agua Potable		6,5 - 8,5							

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de calidad.



Gráfica 3

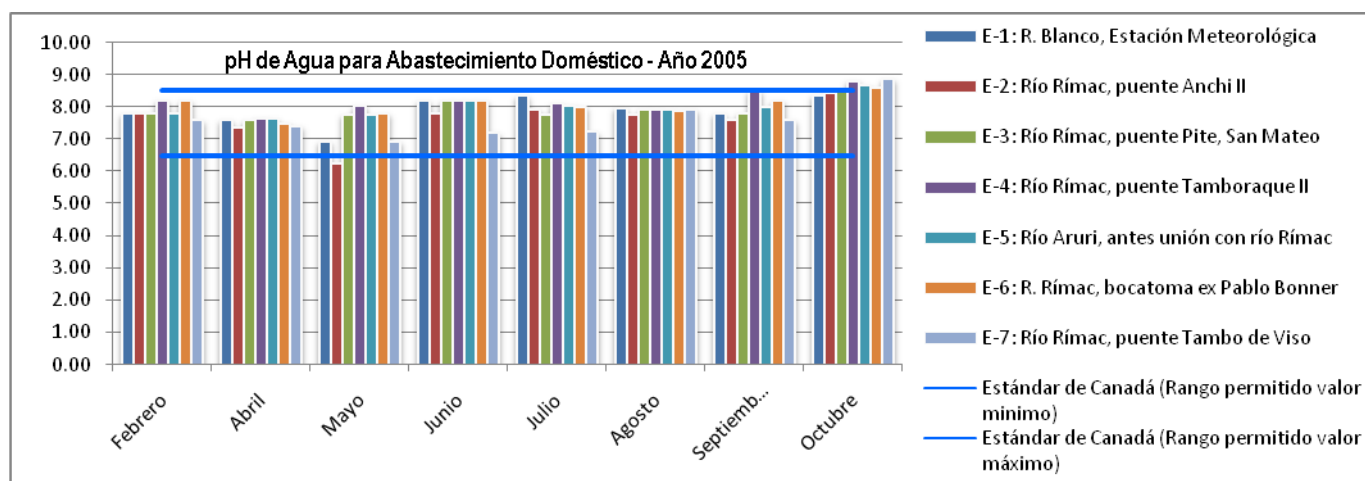


Tabla 38

Valores Promedios Mensuales de pH – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	abr-06	may-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	8,03	7,74	7,97
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	7,60	7,63	7,64
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	7,90	7,84	7,77
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	8,22	7,92	7,92
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7,83	7,79	7,83
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	8,07	7,98	7,82
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,70	7,79	7,61
Estándar de Canadá para Agua Potable		6,5 - 8,5		

Gráfica 4

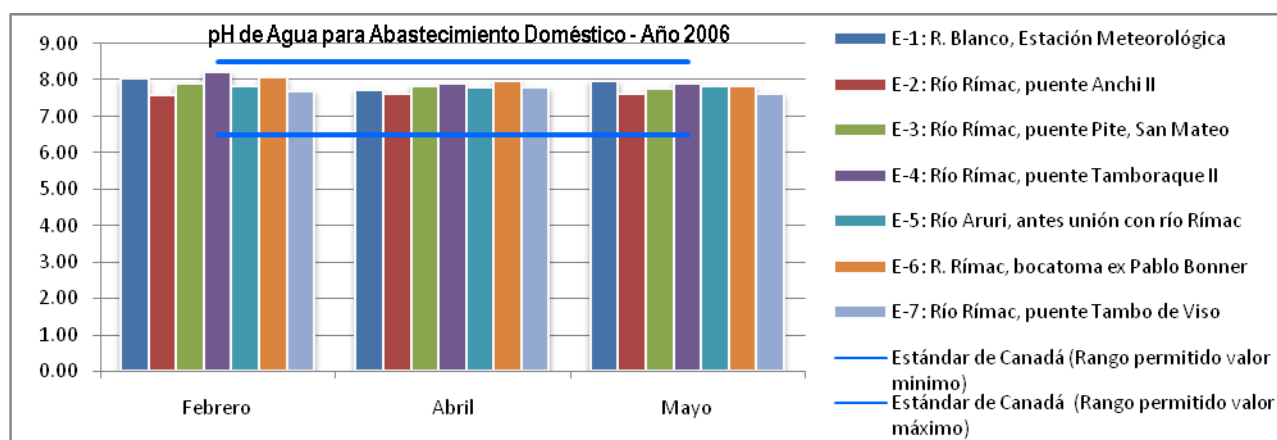


Tabla 39

Valores Promedios Mensuales de pH – Año 2007

Estación	Ubicación	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	8,13	7,50	7,93	8,00	6,50
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	7,98	7,40	7,72	7,80	6,54
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	8,04	7,00	7,78	7,80	6,70
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	7,95	6,99	7,91	8,10	6,86
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	8,03	7,35	--	8,10	6,98
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	7,90	7,10	7,93	8,00	7,20
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,88	6,70	7,70	7,80	7,23
Estándar de Canadá para Agua Potable		6,5 - 8,5				

Gráfica 5

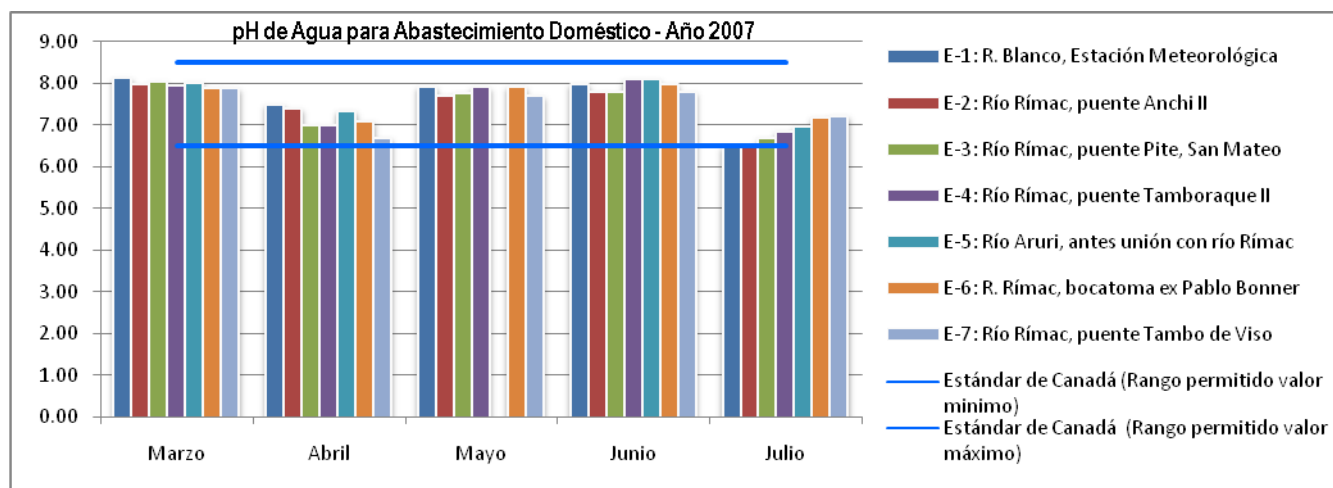


Tabla 40

Valores Promedios Mensuales de pH – Año 2008

Estación	Ubicación	may-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	7,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	7,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	6,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	7,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	6,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,00
Estándar de Canadá para Agua Potable		6,5 - 8,5

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de calidad.

### **Resultados Obtenidos del pH para Uso de Agua Potable**

Respecto a la calidad del agua referido al Estándar Canadiense de Agua Potable para el pH se tiene los siguientes resultados.

- Para el año 2003 los valores promedios mensuales obtenidos en todas las estaciones de muestreo se encontraron dentro del rango establecido del ECA de Canadá; solo el valor promedio mensual del mes de noviembre de la estación E-4 (Río Rímac, puente Tamboraque II) se encontró por encima del rango máximo que es de 8.5 reportando un valor más alcalino de 8.90 unidades de pH.
- Para el año 2004 los valores promedios mensuales del mes de julio de las estaciones E-1 (R. Blanco, Estación Meteorológica), E-2 (Río Rímac, puente Anchi II) y E5 (Río Aruri, antes unión con río Rímac) presentaron valores por encima del ECA establecido con valores de 8.82, 9.04 y 8.90 unidades de pH. En el mes de agosto en las estaciones E-2 (Río Rímac, puente Anchi II) y E-3 (Río Rímac, puente Pite, San Mateo) se obtuvieron valores promedios mensuales por debajo del rango mínimo establecido que es de 6.5 con valores más ácidos de 5.98 y 6.27 unidades de pH respectivamente. Igualmente en el mes de octubre en la estación E-7 (Río Rímac, puente Tambo de Viso) se obtuvo un valor promedio mensual de 6.00 unidades de pH encontrándose por debajo del rango establecido del estándar canadiense.
- En el año 2005 los valores promedios mensuales de los meses de febrero, abril, junio, julio, agosto y septiembre se encontraron dentro del rango establecido. El mes de mayo presentó valores promedios mensuales dentro del rango establecido en todas las estaciones excepto en la estación E-2 (Río Rímac, puente Anchi II,) reportando un valor de 6.24 unidades de pH. En el mes de octubre las estaciones E-4 (Río Rímac, puente Tamboraque II), E-5 (Río Aruri, antes unión con río Rímac) y E-7 (Río Rímac, puente Tambo de Viso) presentaron promedios mensuales por encima del rango establecido con valores de 8.82, 8.67 y 8.87 unidades de pH respectivamente; en todas la demás estaciones sus valores se encontraron dentro del rango establecido.
- En los años 2006 y 2007 todos los valores promedios mensuales se encontraron dentro del rango establecido.

- En el año 2008 en el mes de mayo todas las estaciones presentaron promedios mensuales dentro del rango establecido; solo las estaciones E-3 (Río Rímac, puente Pite, San Mateo) y E-6 (R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner) presentaron un valor promedio mensual por debajo del rango establecido con un valor de 6.00 unidades de pH en ambas estaciones.

#### **4.2.2 Oxígeno Disuelto**

##### **Análisis del Oxígeno Disuelto en función a la Clase II y III de la Ley General de Aguas.**

A continuación se presentan los resultados de monitoreo de agua para el oxígeno disuelto desde el año 2003 hasta el año 2005, los cuales serán analizados en función a la clase II de la Ley General de Aguas que corresponde al abastecimiento doméstico de agua con tratamiento convencional y en función a la clase III de la referida ley que comprende el riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales. Ambos tipos de usos tienen como límite máximo permisible para el oxígeno disuelto el valor de 3.0 mg/L.

Tabla 41

##### **Valores Promedios Mensuales de Oxígeno Disuelto (mg/L) – Año 2003**

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>abr-03</b>	<b>may-03</b>	<b>jun-03</b>	<b>jul-03</b>	<b>ago-03</b>	<b>sep-03</b>	<b>nov-03</b>
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	6,80	7,60	6,30	7,70	7,70	7,30	6,70
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	6,70	7,10	6,50	7,50	8,30	6,80	6,10
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	7,40	6,70	5,30	7,60	7,80	6,50	6,80
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	6,90	7,70	5,10	8,70	7,10	6,10	6,50
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,40	7,80	6,40	8,60	8,00	6,70	6,30
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II y III</b>		<b>Valor mínimo 3.0</b>						

Gráfica 6

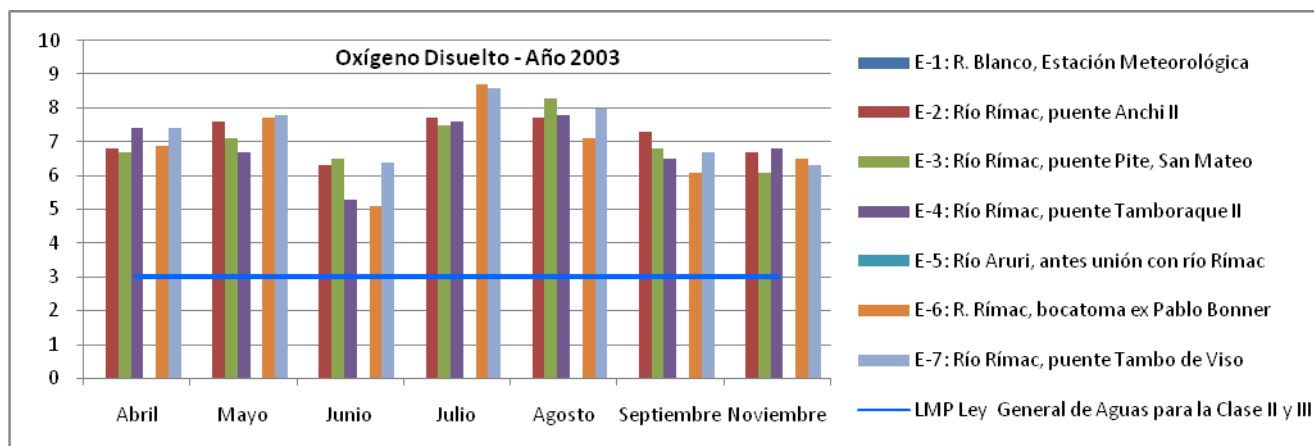


Tabla 42

Valores Promedios Mensuales de Oxígeno Disuelto (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	may-04	jun-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	7,60	8,37	6,70	8,00	7,50	8,82
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	8,00	7,20	8,40	7,20	6,40	8,70
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	8,40	8,57	6,70	7,90	7,50	9,01
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	7,50	8,13	7,30	7,90	7,00	8,53
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7,60	8,72	7,20	7,70	8,10	9,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	7,80	8,40	6,60	7,80	6,80	8,90
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	7,70	8,08	5,70	7,50	7,00	8,62
LMP de la Ley General de Aguas - Clase II y III		Valor mínimo 3.0					

Gráfica 7

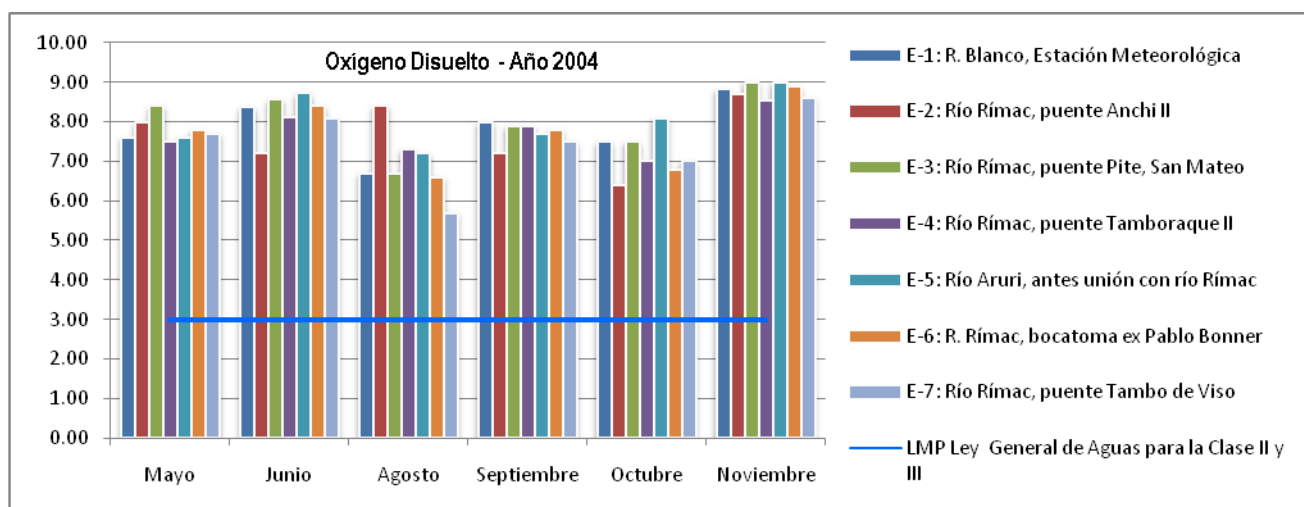
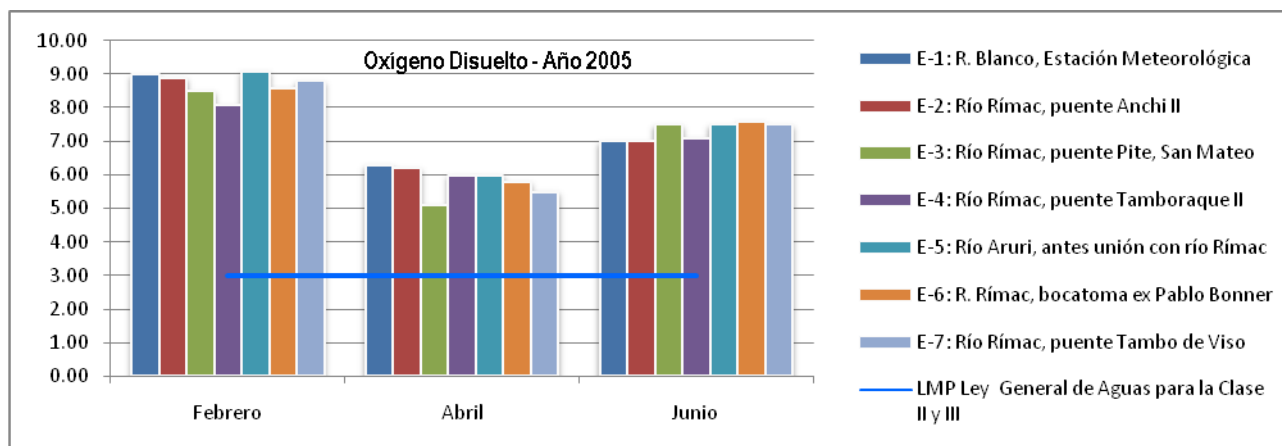


Tabla 43

**Valores Promedios Mensuales de Oxígeno Disuelto (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	jun-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	9,00	6,30	7,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	8,90	6,20	7,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	8,50	5,10	7,50
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	8,10	6,00	7,10
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	9,10	6,00	7,50
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	8,60	5,80	7,60
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	8,80	5,50	7,50
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II y III</b>		<b>Valor mínimo 3.0</b>		

Gráfica 8



**Resultados Obtenidos del Oxígeno Disuelto para Usos de la Clase II y III**

De acuerdo a los resultados de monitoreo desde el año 2003 hasta el año 2005 para los usos de Abastecimiento Doméstico (Clase II) y Riego de Vegetales – Bebida de animales (Clase III), todos los valores promedios mensuales obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo tienen concentraciones mayores a 3 mg/L de oxígeno disuelto lo cual es esencial para la vida de un ecosistema acuático.

### 4.2.3 Demanda Biológica de Oxígeno

#### Análisis de la Demanda Biológica de Oxígeno en función a la Clase II de la Ley General de Aguas.

La demanda biológica de oxígeno será analizada en función a la clase II de la Ley General de Aguas referido al abastecimiento doméstico; a continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo desde el año 2000 hasta el año 2008.

Tabla 44  
Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2000

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	sep-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,00	2,00	2,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,00	0,00	4,00	1,00	2,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	0,00	1,00	2,00	1,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>									

Gráfica 9

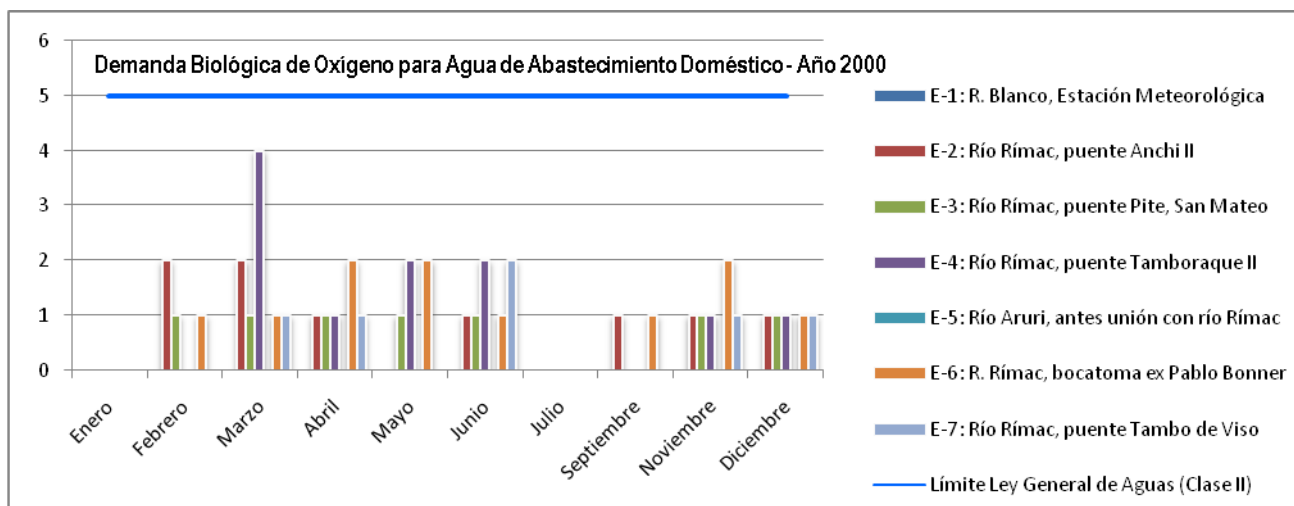


Tabla 45

**Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2001**

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,90	0,00	7,00	0,60	4,10	0,10	0,00	3,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,50	0,00	15,00	0,40	1,10	0,10	0,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,10	0,00	5,00	0,70	3,60	0,28	0,00	0,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,20	0,00	13,00	0,30	2,40	0,10	0,00	0,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,20	0,00	15,00	0,90	<0.1	0,10	0,00	1,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 10

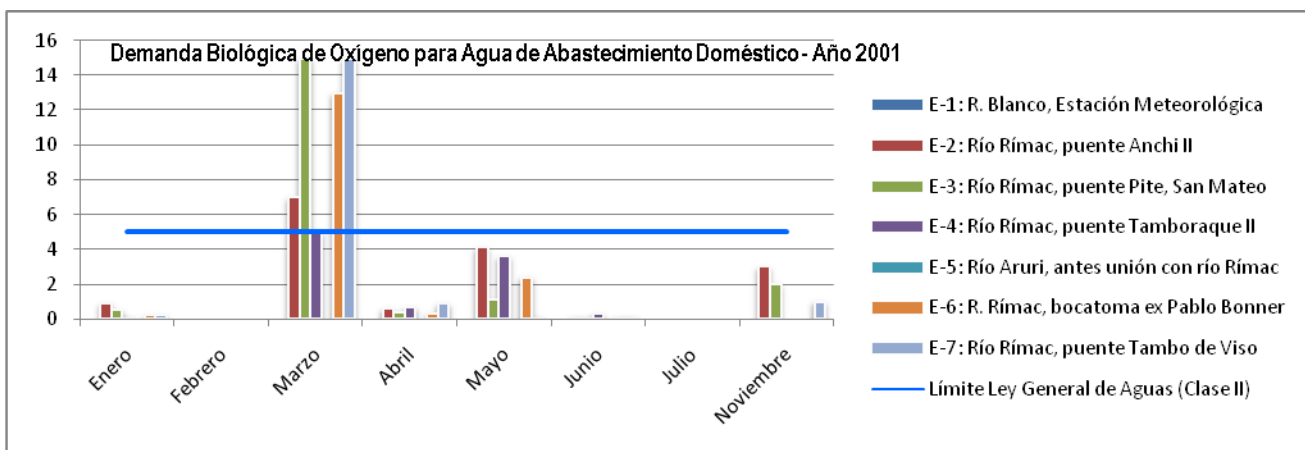


Tabla 46

**Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2002**

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	jun-02	jul-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,28	2,07	0,86	1,06	1,64	0,20	0,40
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,43	0,69	0,35	0,14	0,28	0,10	0,40
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	3,07	1,10	1,43	1,00	0,26	0,70	0,20
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,07	1,70	2,31	1,09	0,77	0,40	0,30
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,22	0,87	1,30	1,00	0,25	0,40	0,20
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>						



Gráfica 11

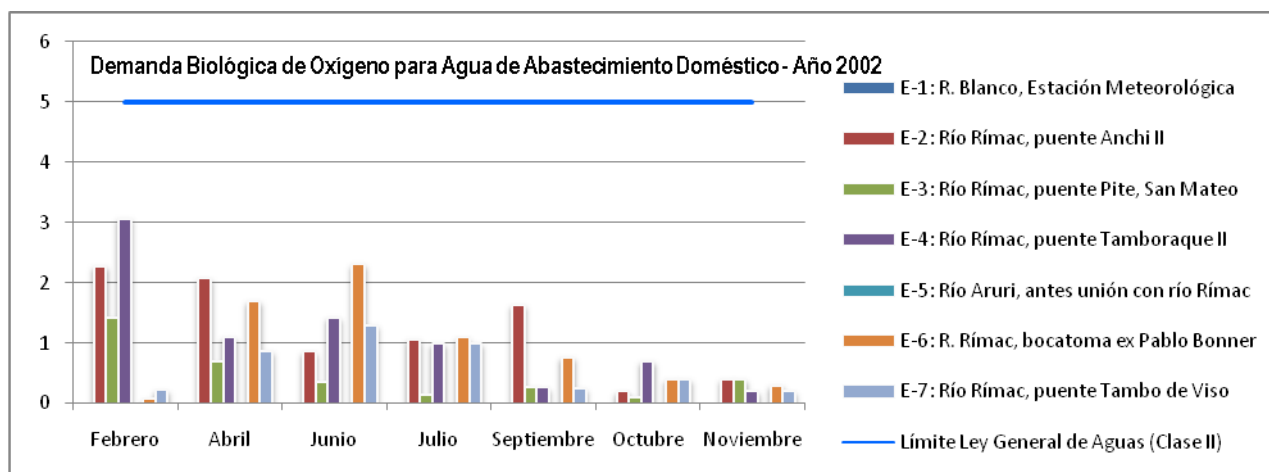


Tabla 47

Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2003

Estación	Ubicación	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,10	0,10	5,90	0,60	0,32	0,10
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,10	0,40	6,40	0,10	0,10	0,10
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,10	0,60	5,40	2,00	1,90	0,10
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,10	0,60	5,00	0,20	1,90	0,10
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,10	0,40	6,00	0,10	0,30	0,10
LMP de la Ley General de Aguas - Clase II		5					

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 12

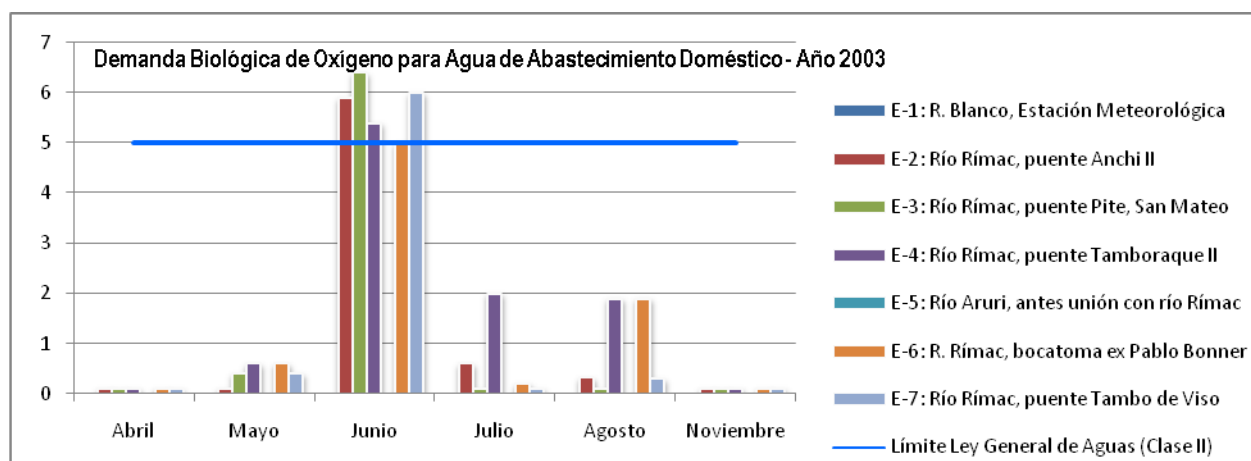


Tabla 48

**Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2004**

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	may-04	jun-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,20	0,40	0,10	0,70	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,10	1,20	1,60	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,10	0,60	0,30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,70	0,70	2,50	2,30	2,00	2,90	2,00	2,60
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,30	1,00	0,10	0,10	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,30	0,90	0,10	2,00	2,00	2,90	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,20	0,90	0,10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>							

Gráfica 13

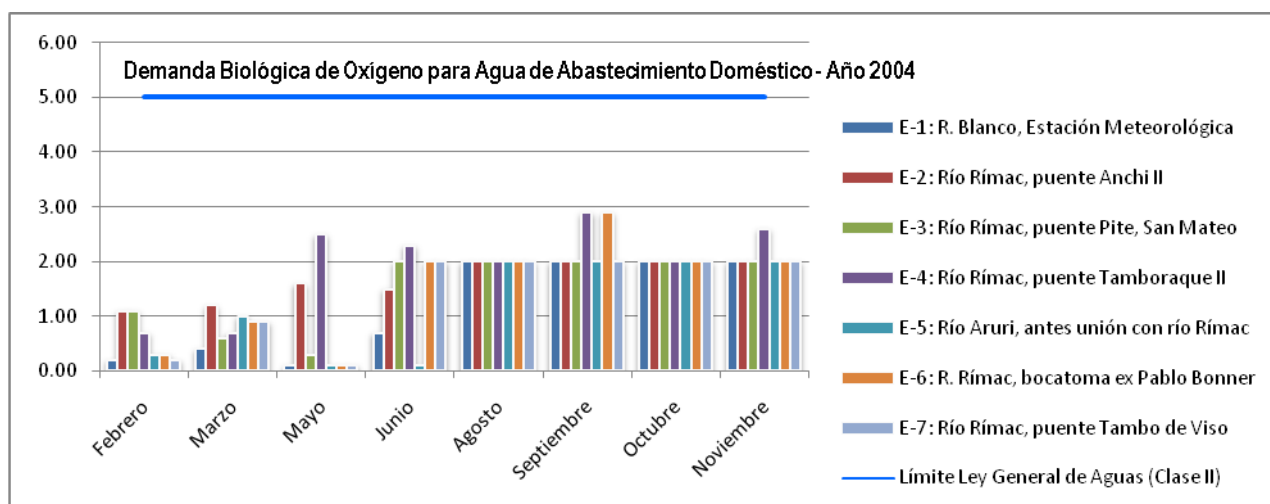


Tabla 49

**Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,40	2,40	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,40	2,00	2,10	2,00	2,60
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	6,00	2,00	2,10	2,20	3,60
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,40	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>						

Gráfica 14

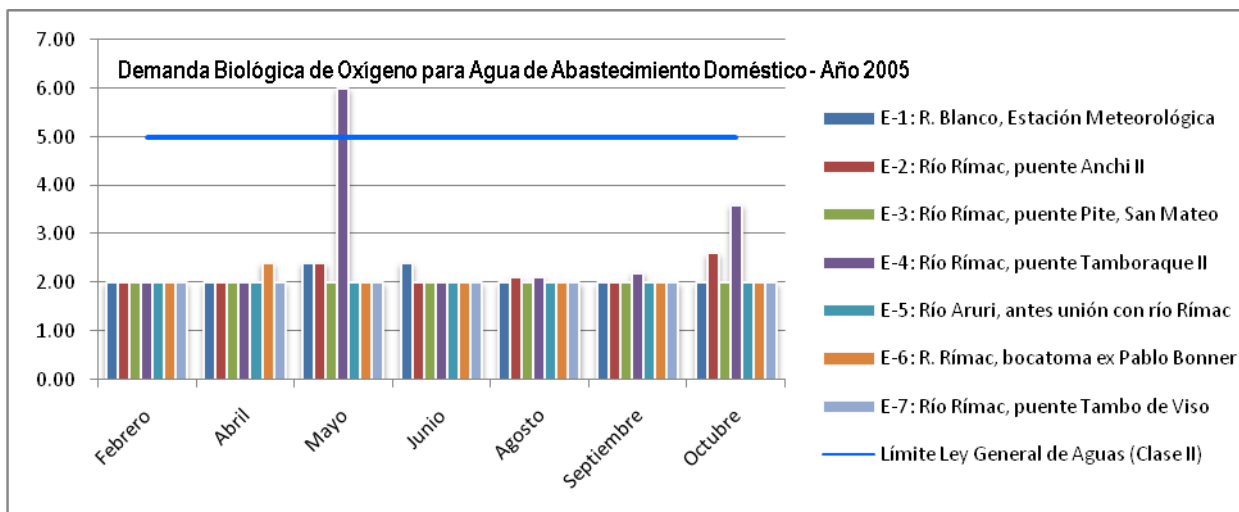


Tabla 50

**Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>				

Gráfica 15

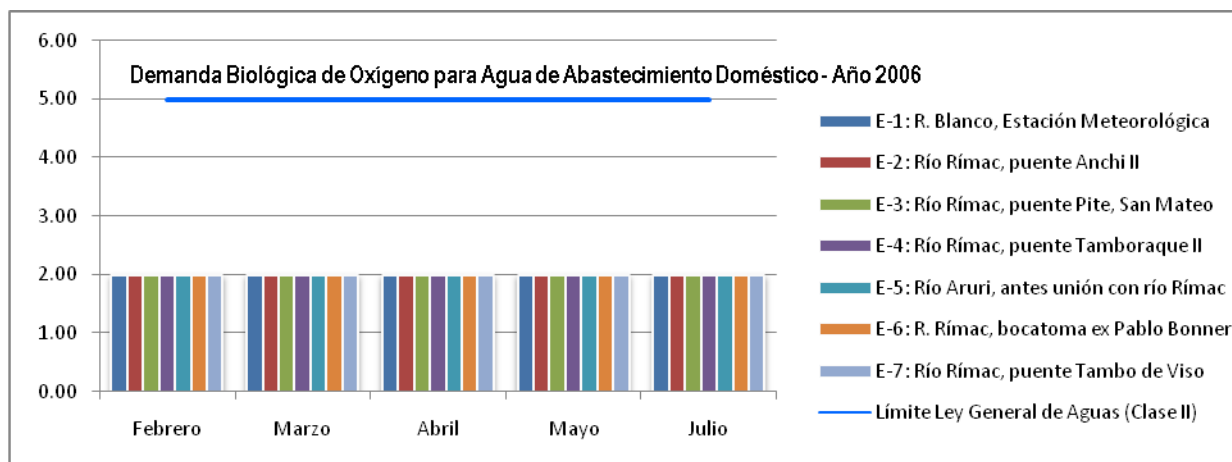


Tabla 51

**Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2007**

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	--	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,10	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>									

Gráfica 16

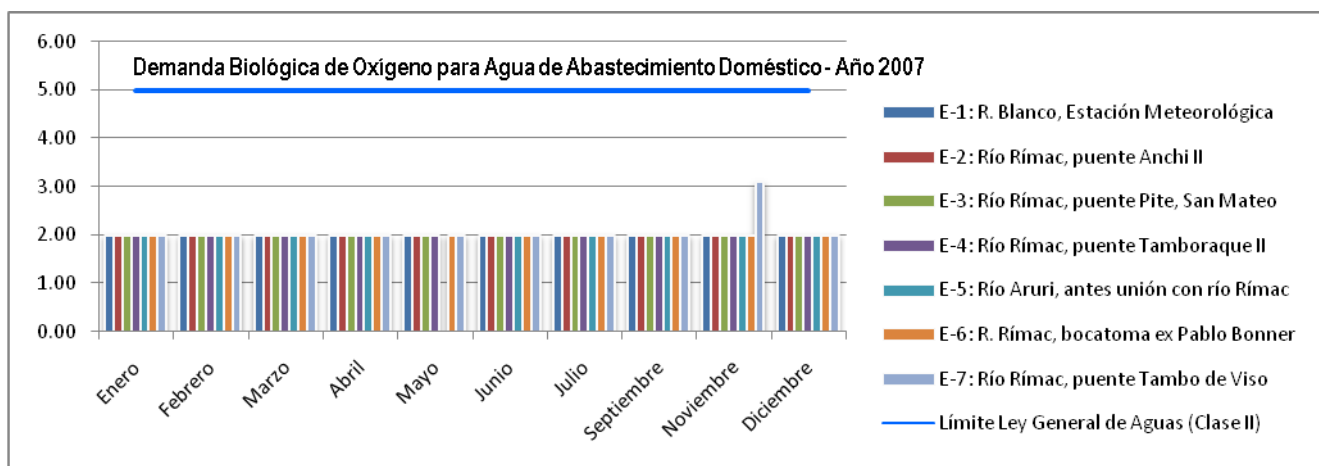
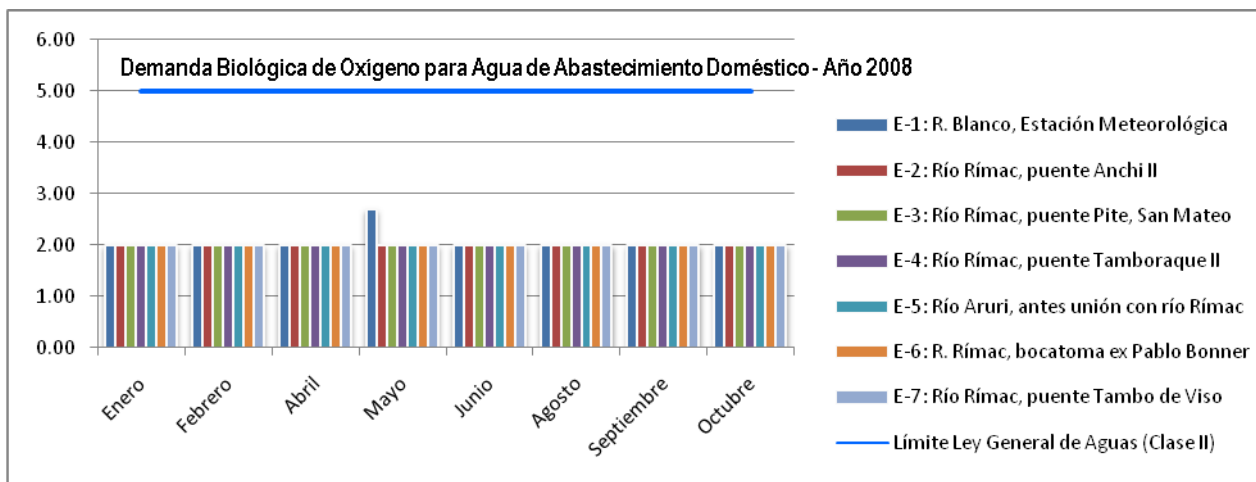


Tabla 52

**Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,00	2,70	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>							

Gráfica 17



### Resultados Obtenidos de la Demanda Biológica de Oxígeno para Uso de Clase II

Respecto a la calidad del agua para la clase II de la Ley General de Aguas referido al Abastecimiento Doméstico con Tratamiento Convencional para la Demanda Biológica de Oxígeno –DBO se tiene los siguientes resultados.

- En el año 2000 los valores promedios mensuales de la demanda biológica de oxígeno se encontraron por debajo del límite máximo permisible de la clase II de la Ley General de Aguas en todas las estaciones de muestreo, lo cual significa que el agua presenta muy bajo contenido de desecho orgánico favoreciendo así la presencia de oxígeno disuelto en los cursos de agua.
- En el año 2001, todos los meses reportaron promedios mensuales por debajo del límite máximo permisible, excepto en el mes de marzo en las estaciones E-2 (Río Rímac, puente Anchi II), E-3 (Río Rímac, puente Pite, San Mateo), E-6 (R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner) y E-7 (Río Rímac, puente Tambo de Viso) presentando valores promedios de 7.00 mg/L, 15.00 mg/L, 13.00 mg/L y 15.00 mg/L de DBO respectivamente, debido al alto contenido de desecho orgánico presente en los cuerpos de agua muestreados.

- En el año 2002 todos los promedios mensuales de DBO en todas las estaciones de muestreo se encontraron por debajo del límite máximo permisible establecido para la clase II.
- En el año 2003 todos los meses reportaron promedios mensuales por debajo del límite máximo permisible, excepto en el mes de junio en las estaciones E-2 (Río Rímac, puente Anchi II), E-3 (Río Rímac, puente Pite, San Mateo), E-4 (Río Rímac, puente Tamboraque II) y E-7 (Río Rímac, puente Tambo de Viso) presentando valores promedios de 5.90 mg/L, 6.40 mg/L, 5.40 mg/L y 6.00 mg/L de DBO respectivamente.
- En los años 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 todos los valores promedios mensuales de DBO se encontraron por debajo del límite máximo permisible establecido que es de 5.0 mg/L para la clase II de la Ley General de Aguas.

### **Análisis de la Demanda Biológica de Oxígeno en función a la Clase III de la Ley General de Aguas.**

La demanda biológica de oxígeno será analizada en función a la clase III de la Ley General de Aguas referido al Riego de Vegetales y Bebida de Animales; a continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo desde el año 2000 hasta el año 2008.

**Tabla 53**  
**Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2000**

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>ene-00</b>	<b>feb-00</b>	<b>mar-00</b>	<b>abr-00</b>	<b>may-00</b>	<b>jun-00</b>	<b>jul-00</b>	<b>sep-00</b>	<b>nov-00</b>	<b>dic-00</b>
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,00	2,00	2,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,00	0,00	4,00	1,00	2,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	0,00	1,00	2,00	1,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>									

Gráfica 18

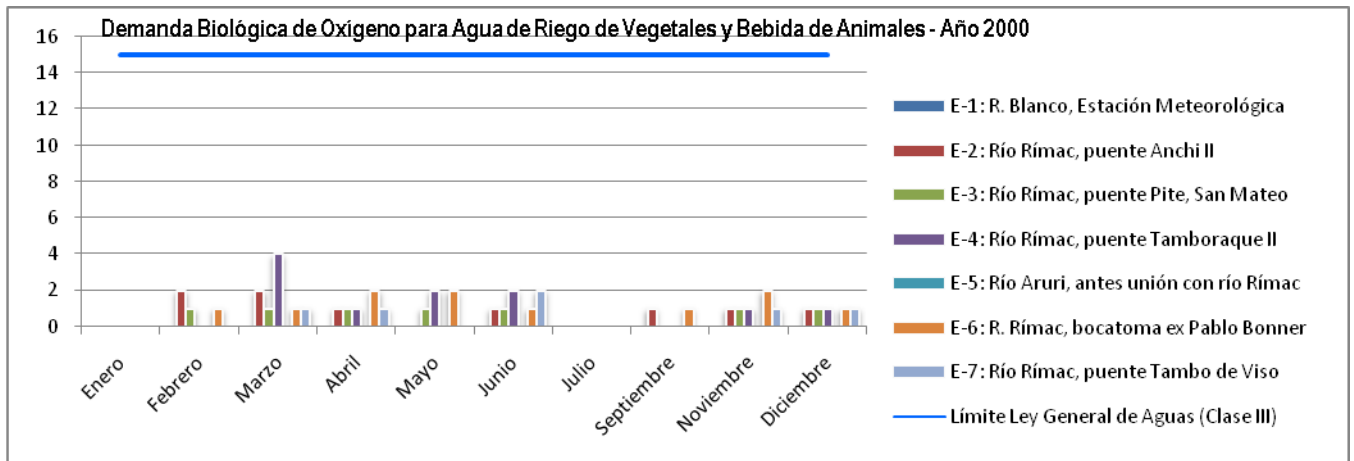


Tabla 54

Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,90	0,00	7,00	0,60	4,10	0,10	0,00	3,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,50	0,00	15,00	0,40	1,10	0,10	0,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,10	0,00	5,00	0,70	3,60	0,28	0,00	0,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,20	0,00	13,00	0,30	2,40	0,10	0,00	0,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,20	0,00	15,00	0,90	<0.1	0,10	0,00	1,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>							

Gráfica 19

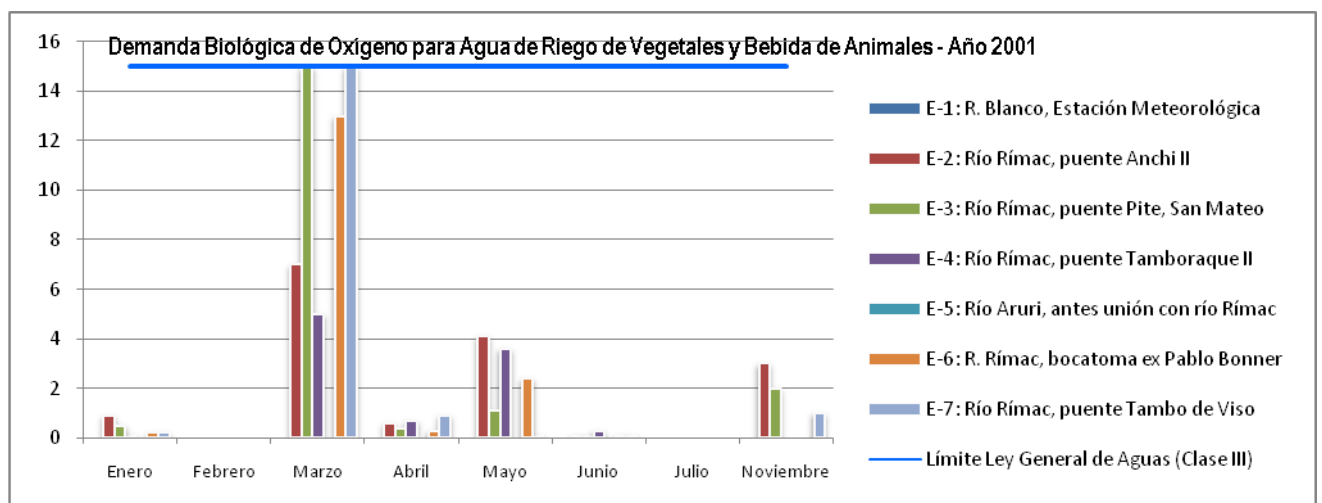


Tabla 55

**Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2002**

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	jun-02	jul-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,28	2,07	0,86	1,06	1,64	0,20	0,40
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,43	0,69	0,35	0,14	0,28	0,10	0,40
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	3,07	1,10	1,43	1,00	0,26	0,70	0,20
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,07	1,70	2,31	1,09	0,77	0,40	0,30
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,22	0,87	1,30	1,00	0,25	0,40	0,20
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>						

Gráfica 20

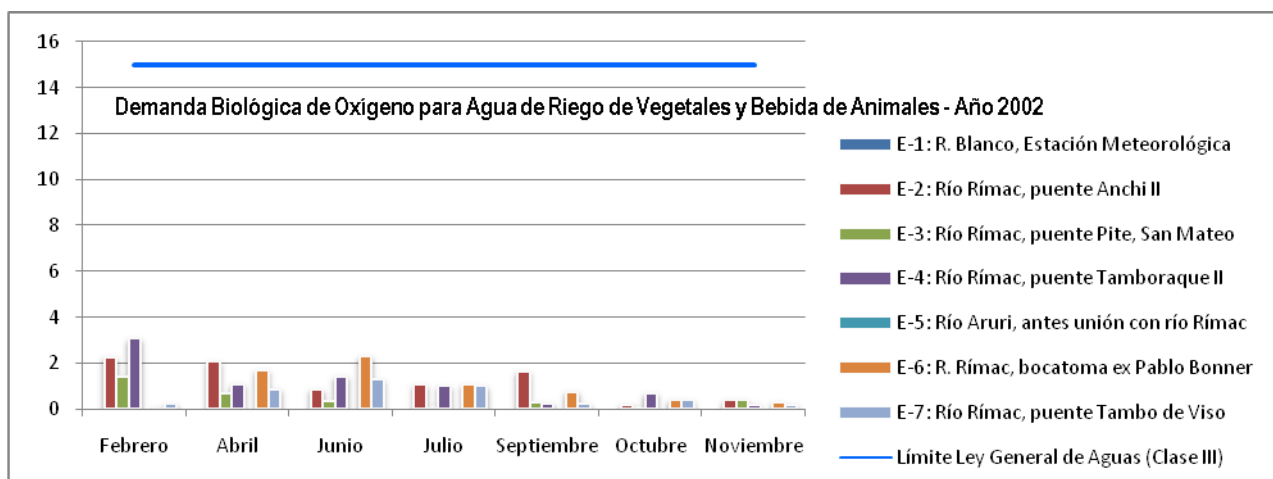


Tabla 56

**Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2003**

Estación	Ubicación	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,10	0,10	5,90	0,60	0,32	0,10
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,10	0,40	6,40	0,10	0,10	0,10
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,10	0,60	5,40	2,00	1,90	0,10
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,10	0,60	5,00	0,20	1,90	0,10
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,10	0,40	6,00	0,10	0,30	0,10
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>					



Gráfica 21

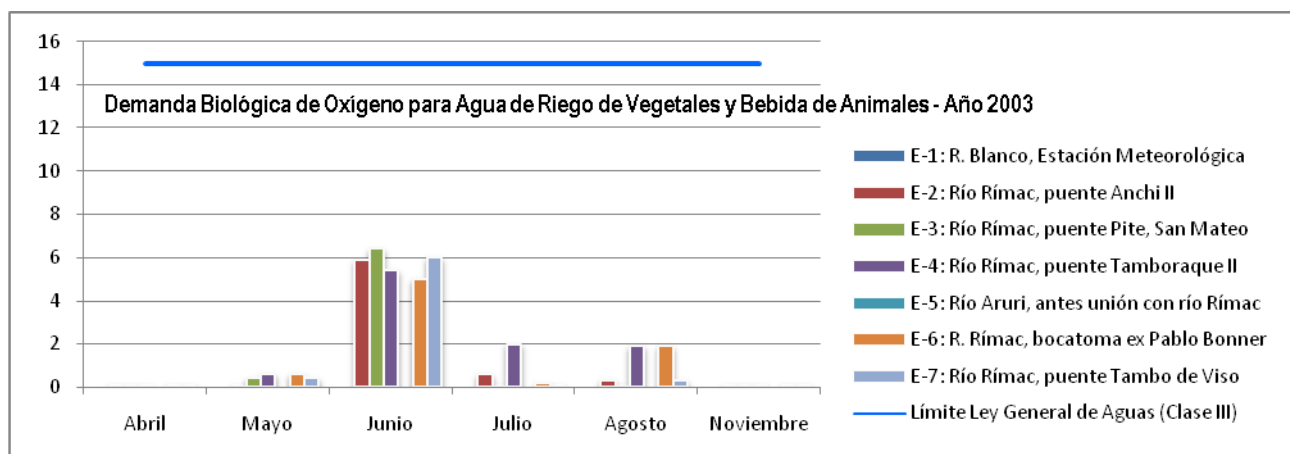


Tabla 57  
Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	may-04	jun-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,20	0,40	0,10	0,70	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,10	1,20	1,60	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,10	0,60	0,30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,70	0,70	2,50	2,30	2,00	2,90	2,00	2,60
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,30	1,00	0,10	0,10	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,30	0,90	0,10	2,00	2,00	2,90	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,20	0,90	0,10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>							

Gráfica 22

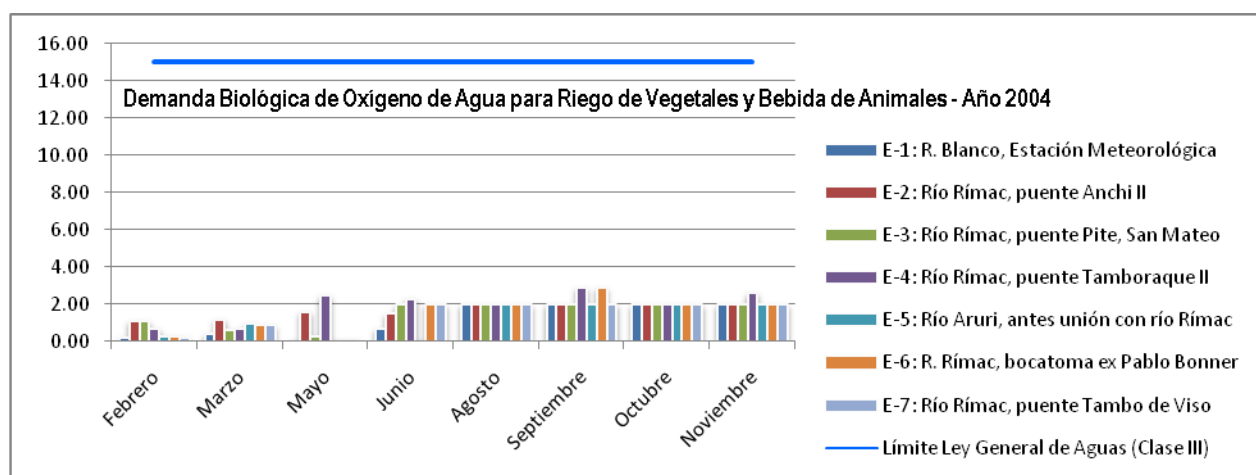


Tabla 58

**Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,40	2,40	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,40	2,00	2,10	2,00	2,60
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	6,00	2,00	2,10	2,20	3,60
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,40	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>						

Gráfica 23

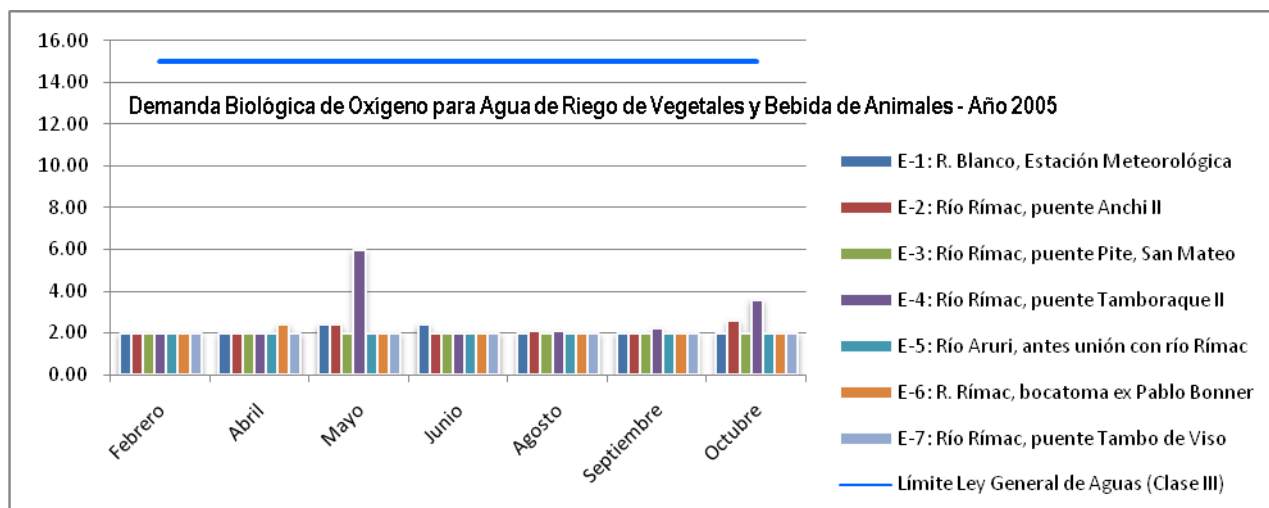


Tabla 59

**Valores Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>				

Gráfica 24

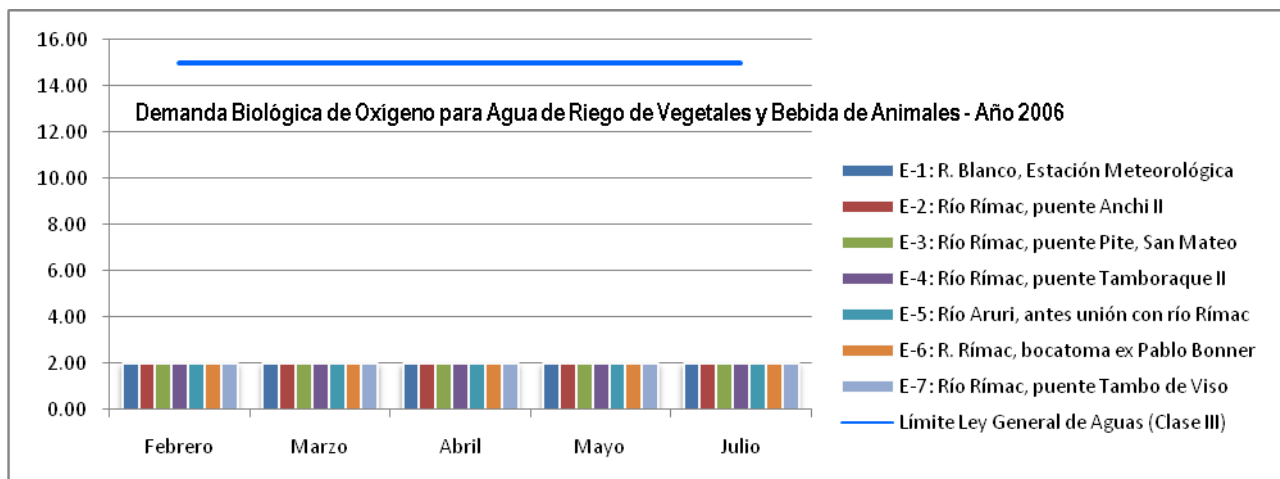


Tabla 60  
Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	--	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,10	2,00
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>15</b>									

Gráfica 25

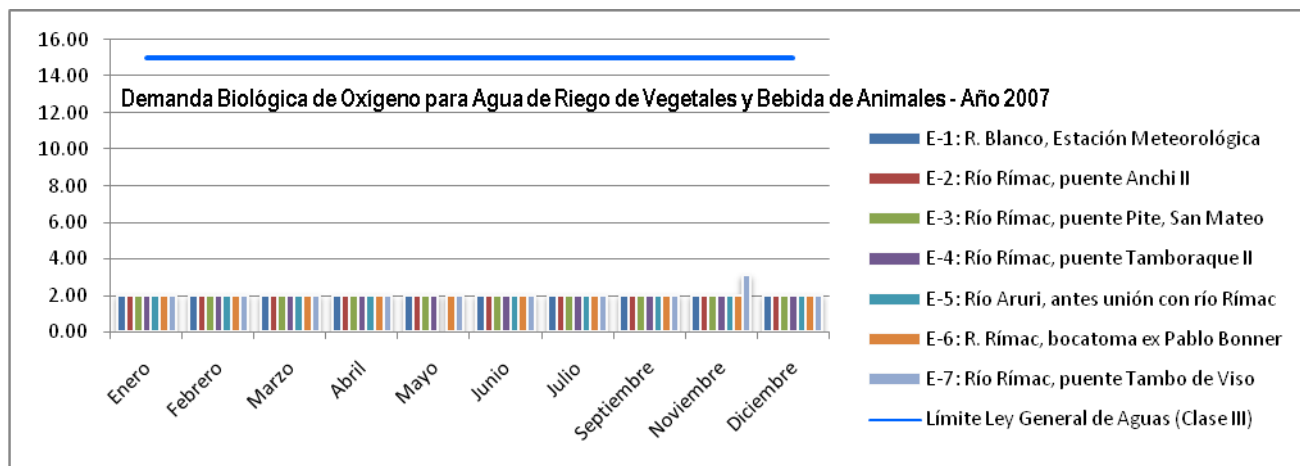
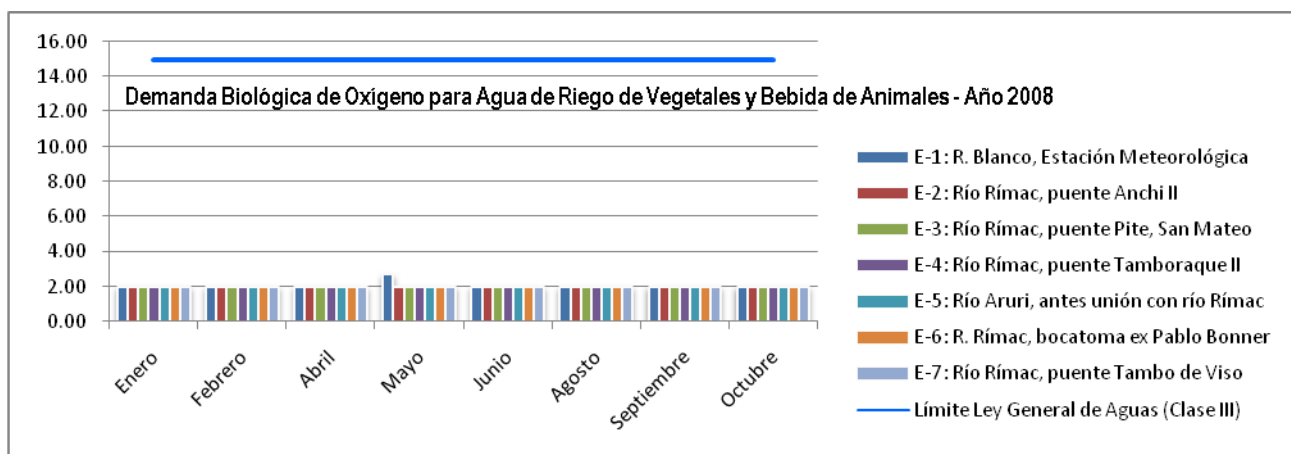


Tabla 61  
Promedios Mensuales de Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	2,00	2,00	2,00	2,70	2,00	2,00	2,00	2,00
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		15							

Gráfica 26



### Resultados Obtenidos de la Demanda Biológica de Oxígeno para Uso de Clase III

Respecto a la calidad del agua para la clase III de la Ley General de Aguas referido al Riego de Vegetales de Consumo Crudo y Bebida de Animales para la Demanda Biológica de Oxígeno –DBO se tiene que en todos los años de muestreo desde el año 2000 hasta el año 2008 se han obtenido valores promedios mensuales de DBO por debajo del límite máximo permisible para la clase III que es de 15.0 mg/L, lo cual quiere decir que en los cuerpos de agua hay muy bajo contenido de materia orgánica.

#### 4.2.4 Sólidos Totales Disueltos

##### Análisis de los Sólidos Totales Disueltos en función a los Estándares de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable

Para realizar el análisis de los Sólidos Totales Disueltos se ha tomado como referencia de comparación los Estándares para Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud del año 2004, en vista de que este parámetro no está presente en los límites máximos permisibles de la Ley General de Aguas.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del muestreo de los sólidos totales disueltos para los años 2003, 2004 y 2005 en el distrito de San Mateo.

Tabla 62

Valores Promedios Mensuales de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L) – Año 2003

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	jul-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	245	208	280	508
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	348	298	398	428
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	350	301	398	435
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	298	271	363	362
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	296	262	303	518
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		1000			

Gráfica 27

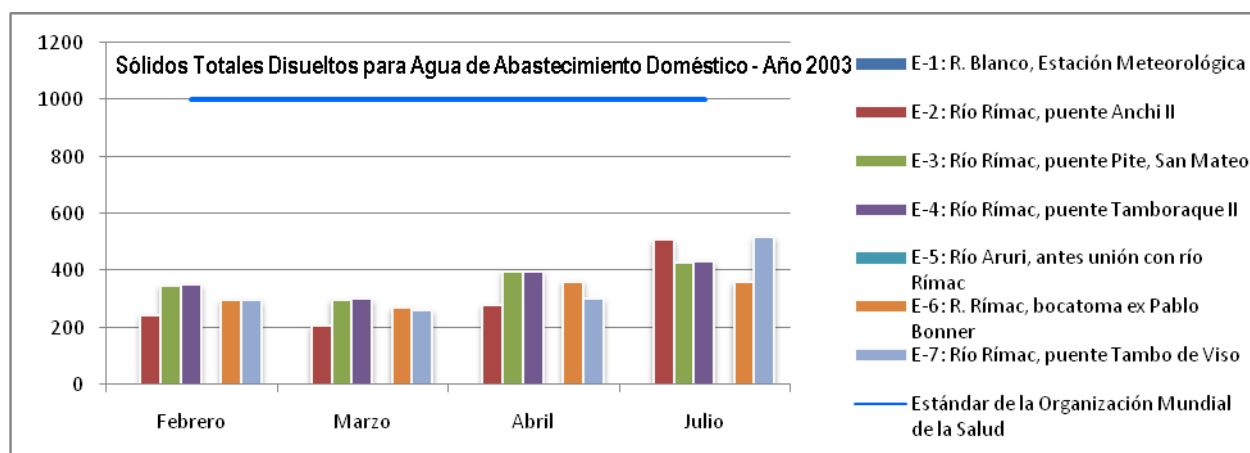


Tabla 63

**Valores Promedios Mensuales de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L) – Año 2004**

Estación	Ubicación	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	161	163	141	139	148
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	629	739	533	553	391
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	571	578	476	461	471
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	547	548	446	459	448
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	280	312	229	219	134
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	567	573	472	455	433
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	642	656	545	587	389
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>1000</b>				

Gráfica 28

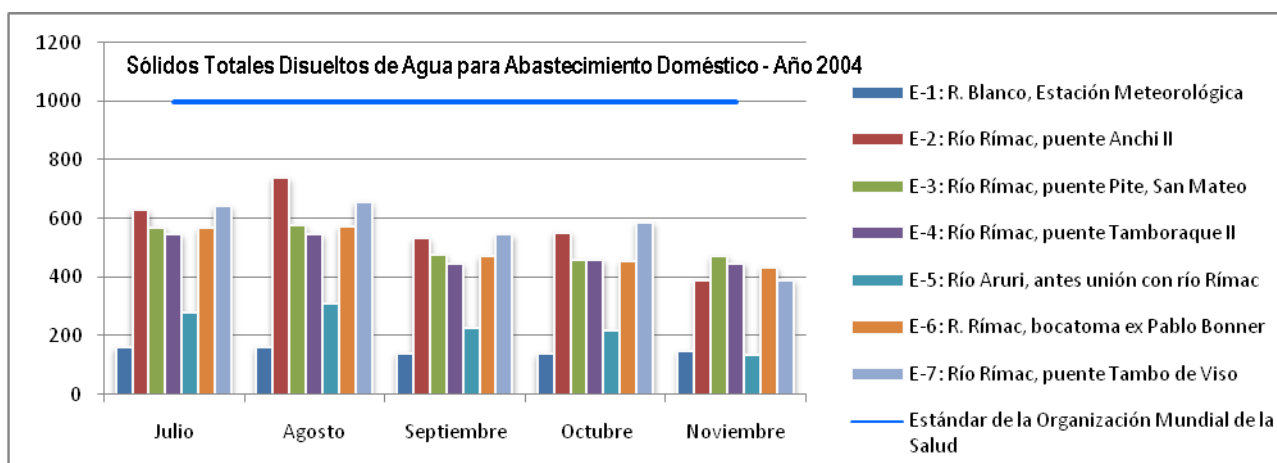
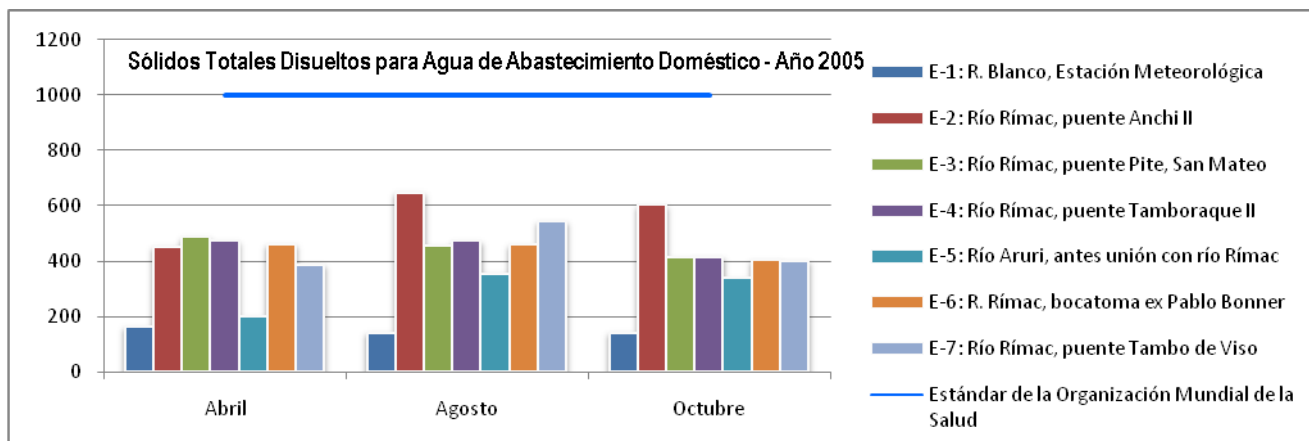


Tabla 64

**Valores Promedios Mensuales de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	abr-05	ago-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	164	142	142
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	454	649	603
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	487	457	414
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	473	473	416
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	200	356	338
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	462	460	405
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	389	545	402
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>1000</b>		

Gráfica 29



### Resultados Obtenidos de los Sólidos Totales Disueltos para Uso de Agua Potable

La determinación de los sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  o más pequeños.

De acuerdo a la *Guía de la Calidad del Agua para Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud, Tercera Edición* los sólidos totales disueltos pueden estar presentes en el agua de bebida pero su concentración está muy por debajo de presentar efectos tóxicos en la salud con la observación de que puede afectar la aceptabilidad del agua de bebida, asimismo establece valores referenciales indicando que:

- Concentraciones de 600 mg/L de STD no afecta el sabor.
- Concentraciones de 1000 mg/L de STD puede impartir mal sabor.
- Concentraciones por encima de 1200 mg/L de STD en el agua de bebida puede ser desagradable para los consumidores.
- Concentraciones extremadamente bajas de STD resultaría inaceptable debido a su gusto insípido.

De acuerdo a los monitoreos realizados desde el año 2003 hasta el año 2005 en el distrito de San Mateo, los valores promedios mensuales de los Sólidos Totales Disueltos se encuentran por debajo del estándar de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable (1000 mg/L) en todas las estaciones de muestreo en concentraciones que oscilan entre 142 a 649 mg/L para el año 2005, por lo cual no existe ningún riesgo para la salud humana.

### **Análisis de los Sólidos Totales Disueltos en función a los Estándares Canadienses para Agua de Consumo de Animales**

Para realizar el análisis de los Sólidos Totales Disueltos para usos de riego de vegetales y bebida de animales se ha utilizado como referencia de comparación los Estándares Canadienses del año 1999, en vista de que este parámetro no está presente en los límites máximos permisibles de la Ley General de Aguas.

**Tabla 65**  
**Valores Promedios Mensuales de Sólidos Totales Disueltos (mg/L) – Año 2003**

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>feb-03</b>	<b>mar-03</b>	<b>abr-03</b>	<b>jul-03</b>
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	245	208	280	508
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	348	298	398	428
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	350	301	398	435
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	298	271	363	362
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	296	262	303	518
<b>Estándar de Canadá para Agua de Consumo de Animales</b>		<b>3000</b>			



Gráfica 30

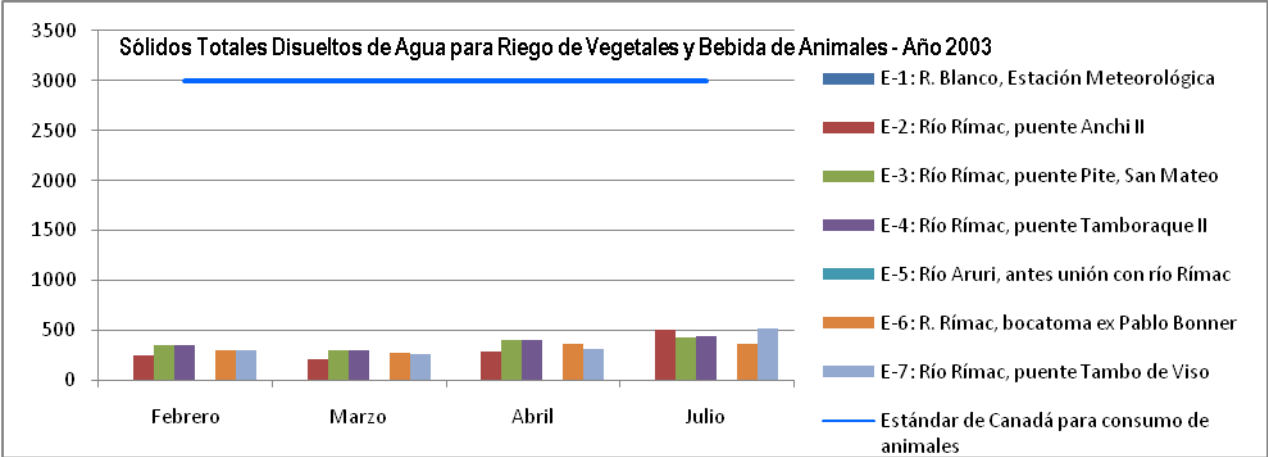


Tabla 66

Valores Promedios Mensuales de Sólidos Totales Disueltos (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	161	163	141	139	148
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	629	739	533	553	391
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	571	578	476	461	471
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	547	548	446	459	448
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	280	312	229	219	134
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	567	573	472	455	433
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	642	656	545	587	389
Estándar de Canadá para Agua de Consumo de Animales		3000				

Gráfica 31

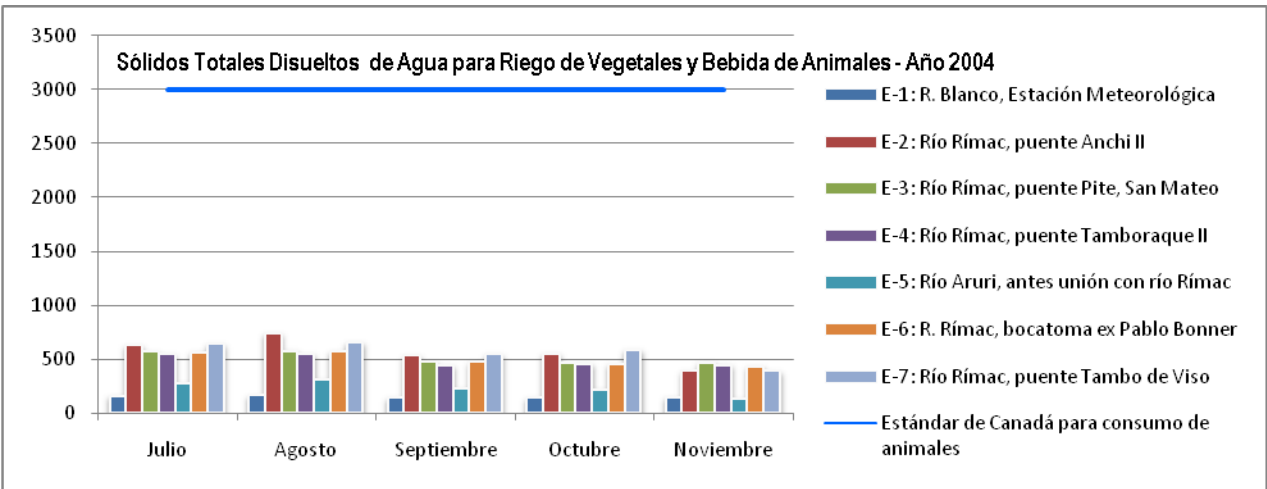
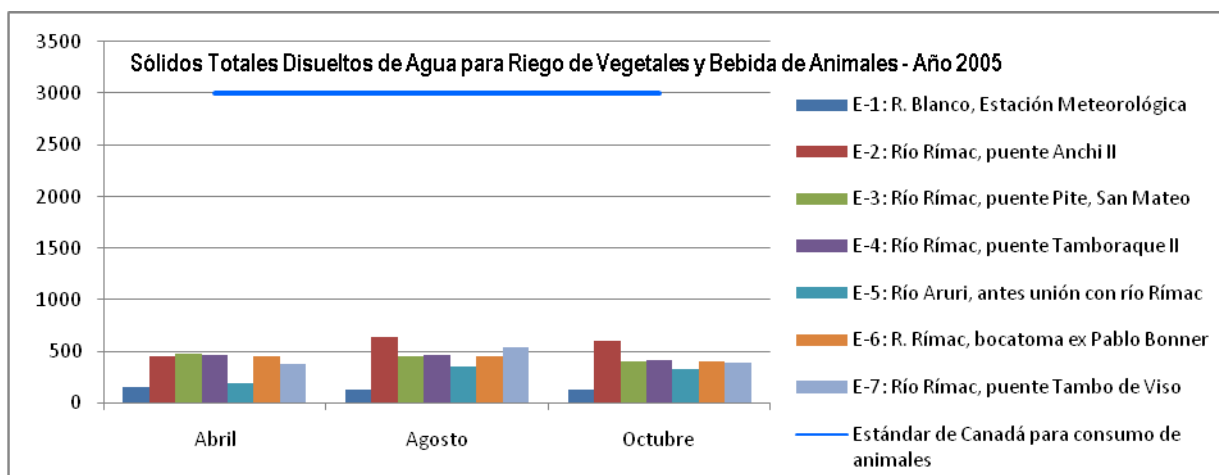


Tabla 67

**Valores Promedios Mensuales de Sólidos Totales Disueltos (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	abr-05	ago-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	164	142	142
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	454	649	603
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	487	457	414
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	473	473	416
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	200	356	338
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	462	460	405
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	389	545	402
<b>Estándar de Canadá para Agua de Consumo de Animales</b>		<b>3000</b>		

Gráfica 32



### Resultados Obtenidos de los Sólidos Totales Disueltos para Agua de Consumo de Animales e Irrigación

La concentración de sólidos totales disueltos en el agua para bebida de animales no deber ser mayor a los 3000 mg/L de acuerdo a los estándares canadienses. Los resultados de muestreo desde el año 2003 hasta el año 2005 han reportado valores promedios mensuales por debajo del estándar establecido en todas las estaciones de muestreo.

Los sólidos disueltos en el agua de riego está referido a la presencia de iones inorgánicos y moléculas solubles presentes en el agua las cuales reducen la capacidad

de las raíces para extraer agua debido al efecto de la presión osmótica. Los sólidos totales disueltos en el agua para irrigación no deben exceder los 1500 mg/L debido a que el suelo actúa como un filtro y los sólidos se sedimentan cambiando su composición y afectando los poros donde se encuentra el aire por lo cual pierde nitrógeno y se convierten en suelos no productivos.

Los resultados de muestreo presentan concentraciones promedios mensuales por debajo de este valor desde el año 2003 hasta el año 2005, no habiendo problemas por el uso de estas aguas para usos de irrigación.

#### **4.2.5 Plomo**

##### **Análisis del Plomo en función a los Estándares de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable**

En el ser humano, puede producirse transferencia de plomo a través de la placenta ya desde la duodécima semana de gestación y continuar durante todo el desarrollo. Los niños de corta edad absorben 4 o 5 veces más plomo que los adultos y la semivida biológica del plomo puede ser considerablemente más alta en los niños que en los adultos. El plomo es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos para la salud. El plomo también interfiere con el metabolismo del calcio, tanto directamente como por interferencia con el metabolismo de la vitamina D.<sup>17</sup>

##### ***Antecedentes de la determinación del valor de referencia***

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de plomo de 0,1 mg/l basándose en sus posibles efectos perjudiciales para la salud. En las Normas internacionales de 1963 este valor se redujo a 0,05 mg/l. El límite superior provisional de concentración se aumentó a 0,1 mg/l en las Normas internacionales de 1971 porque esta era una concentración aceptada en muchos países y se había consumido agua durante muchos años sin que se

---

<sup>17</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.312.

produjeran efectos adversos aparentes; además, era difícil alcanzar una concentración más baja en los países donde se usaban tuberías de plomo. La primera edición de las *Guías para la calidad del agua potable*, publicada en 1984, recomendó un valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0,05 mg/l. En las Guías de 1993 se propuso un valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0,01 mg/l para lactantes y niños, basándose que el plomo es una sustancia tóxica acumulativa y que no debe acumularse en el organismo. Dado que los lactantes se consideran el subgrupo de población más sensible, este valor de referencia también protege al resto de los grupos de edad.<sup>18</sup>

Para el análisis del plomo se ha utilizado como referencia de comparación la Guía de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable del año 2004 ya que presenta un estándar mucho más exigente que el establecido en la Ley General de Aguas para la clase II; siendo el valor permitido para el primero 0.01 mg/L y 0.05 mg/L para el segundo. A continuación se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de plomo desde el año 2000 hasta el año 2008 para el área de estudio.

**Tabla 68**  
**Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2000**

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,009	0,000	0,160	0,018	0,000	0,010	0,112	0,060	0,622	3,750	0,103	0,168
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,286	0,022	0,105	0,053	0,010	0,028	0,085	0,040	0,117	0,760	0,143	0,612
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,134	0,090	0,080	0,050	0,008	0,048	0,090	0,035	0,117	0,520	0,098	1,410
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,130	0,598	0,278	0,110	0,233	0,100	0,213	0,150	0,090	0,056	0,128	0,814
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,064	0,098	0,150	0,153	0,043	0,035	0,060	0,058	0,037	0,048	0,073	0,548
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,01</b>											

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

<sup>18</sup> Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza.2006. Pág.313.

Gráfica 33

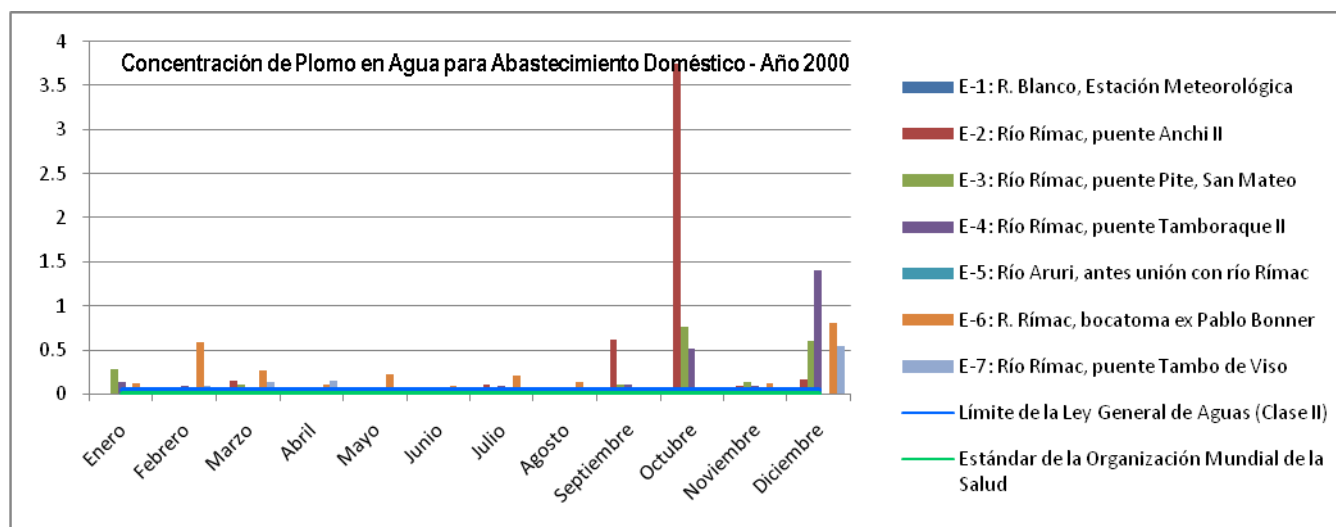


Tabla 69  
Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,230	0,078	0,513	0,108	0,025	0,124	0,104	0,079	0,369
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,046	0,025	0,070	0,025	0,025	0,043	0,025	0,079	0,144
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,599	0,025	0,070	0,025	0,025	0,043	0,025	0,052	0,144
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,572	0,025	0,070	0,051	0,025	0,070	0,077	0,025	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,490	0,025	0,044	0,136	0,025	0,043	0,049	0,079	0,144
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 34

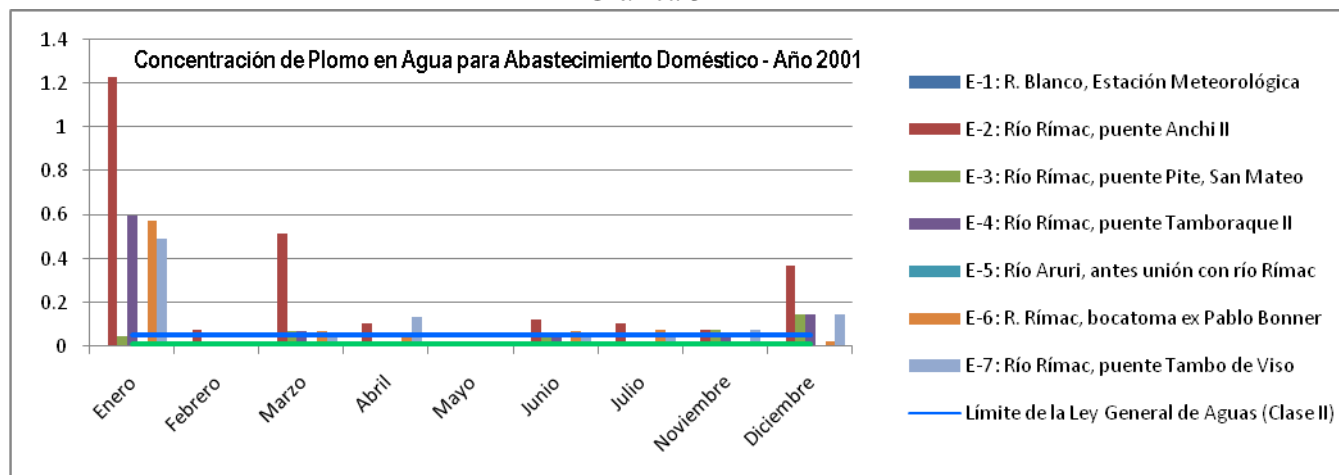


Tabla 70  
Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2002

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	jul-02	ago-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,477	0,129	0,072	0,129	0,025	0,188	0,070	0,329	0,126
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,154	0,050	0,046	0,049	0,025	0,061	0,043	0,274	0,071
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,181	0,077	0,072	0,049	0,025	0,061	0,025	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,181	1,459	0,072	0,210	0,072	0,883	5,115	0,466	0,099
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,073	0,025	0,025	0,025	0,025	0,061	0,179	0,055	0,071
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 35

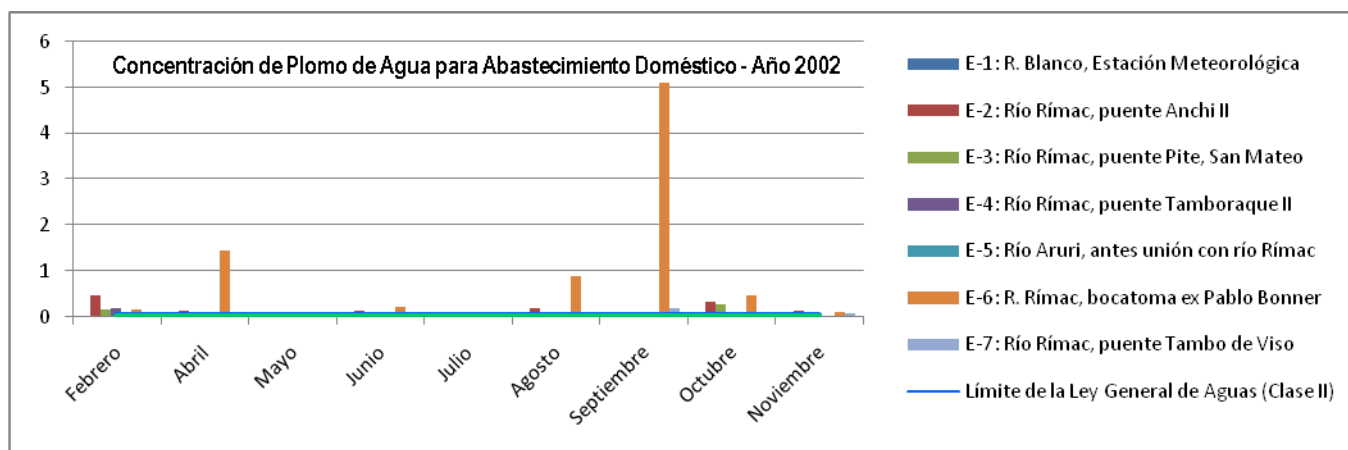


Tabla 71  
Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2003

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,843	0,213	0,203	0,297	1,084	0,052
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,037	0,129	0,025	0,025	0,843	0,025	0,071	0,060	0,025	0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,037	0,129	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,034	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,025	0,129	0,025	0,025	0,025	0,025	0,045	0,025	0,061	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,182	0,025	0,025	0,025	0,040	0,150	0,025	0,034	0,025
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Gráfica 36

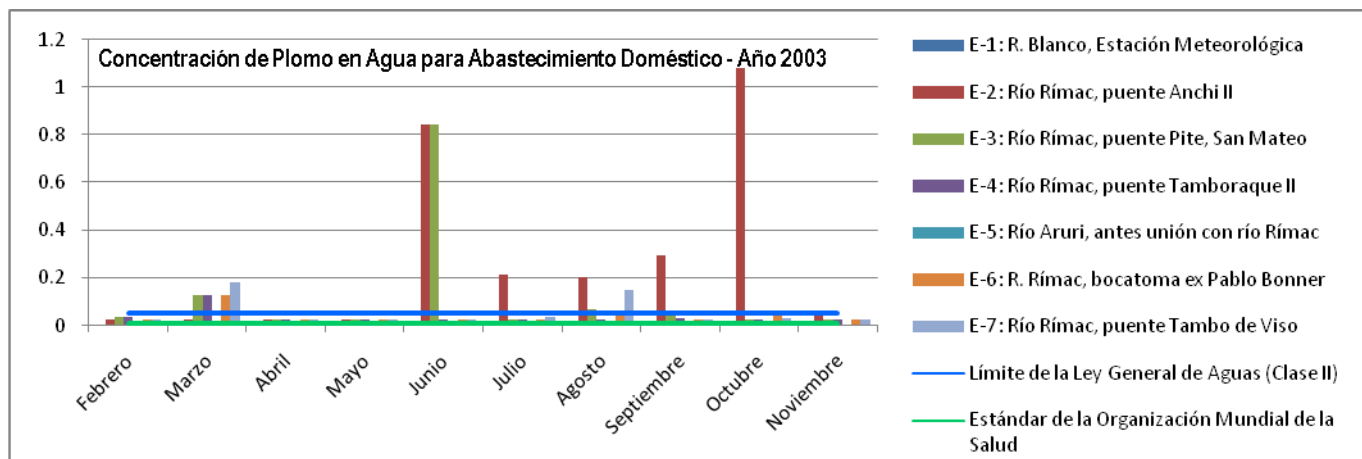


Tabla 72  
**Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2004**

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,034	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,025	0,025	0,150	0,025	0,242	0,089	0,325	0,074	0,132	0,105
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,034	0,166	0,067	0,078	0,069	0,038	0,103	0,025	0,049	0,105
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,025	0,118	0,067	0,025	0,038	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,180	0,094	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,155	0,025	--	0,025	0,038	0,089	0,103	0,025	0,025	0,078
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,083	0,059	0,067	0,025	0,380	0,025	0,057	0,049	0,049	0,025
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,01</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 37

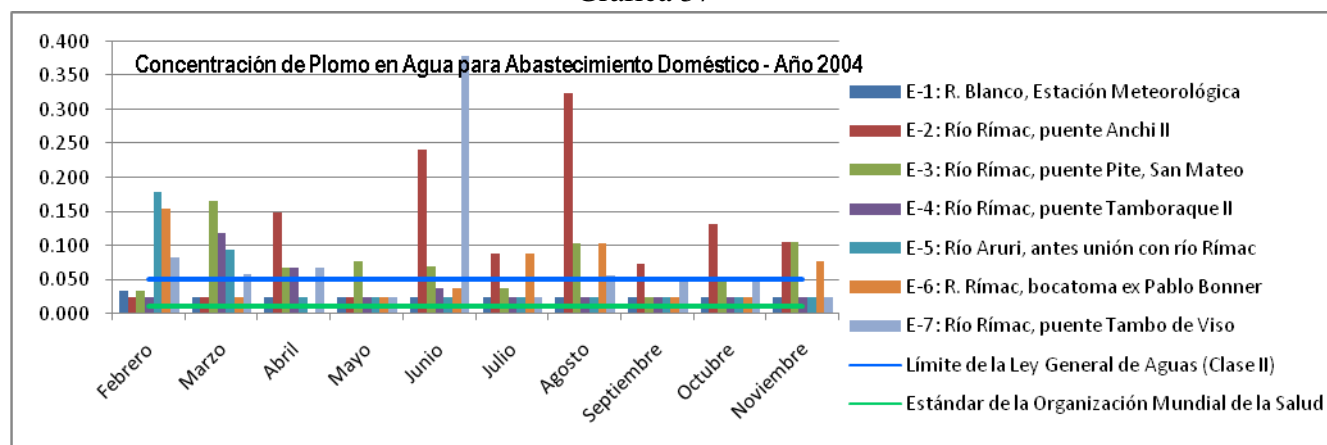


Tabla 73

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,123	0,025	0,025	0,129	0,030	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,075	0,051	0,075	0,195	0,156	0,187	0,176	0,060
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,098	0,060	0,039	0,039	0,070	0,054	0,049	0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,097	0,034	0,025	0,025	0,042	0,042	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,051	0,053	0,025	0,025	0,056	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,088	0,025	0,049	0,047	0,083	0,053	0,038	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,064	0,036	0,077	0,026	0,070	0,040	0,029	0,025
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01							

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 38

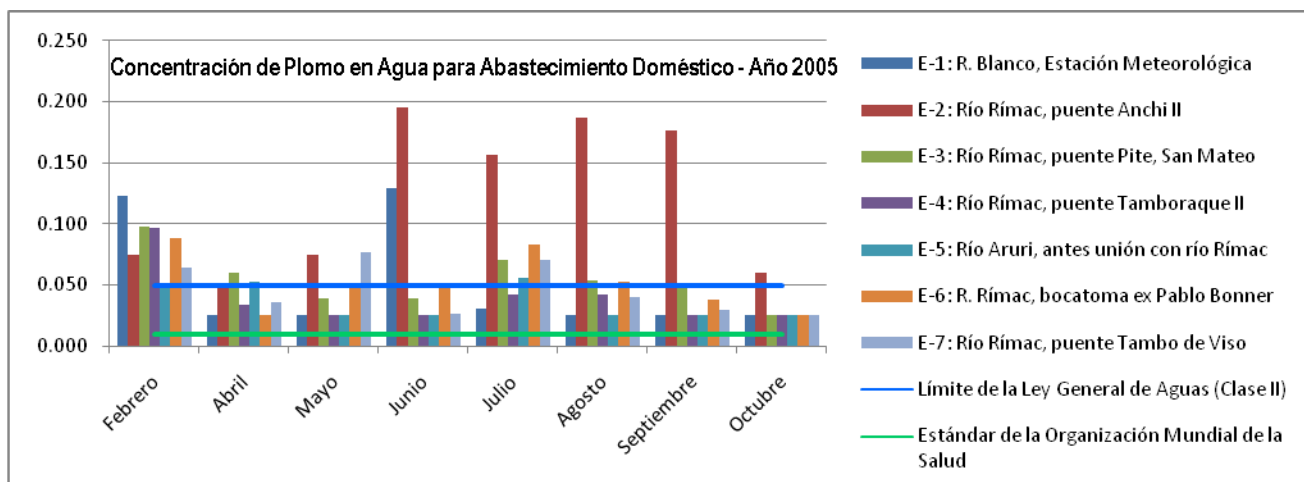


Tabla 74

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,059	0,068	0,110	0,064	0,052
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,046	0,053	0,076	0,059	0,062
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,034	0,056	0,073	0,032	0,027
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,030	0,025	0,030	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,038	0,046	0,038	0,061	0,227
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,044	0,057	0,066	0,060	0,063
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01				

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.



Gráfica 39

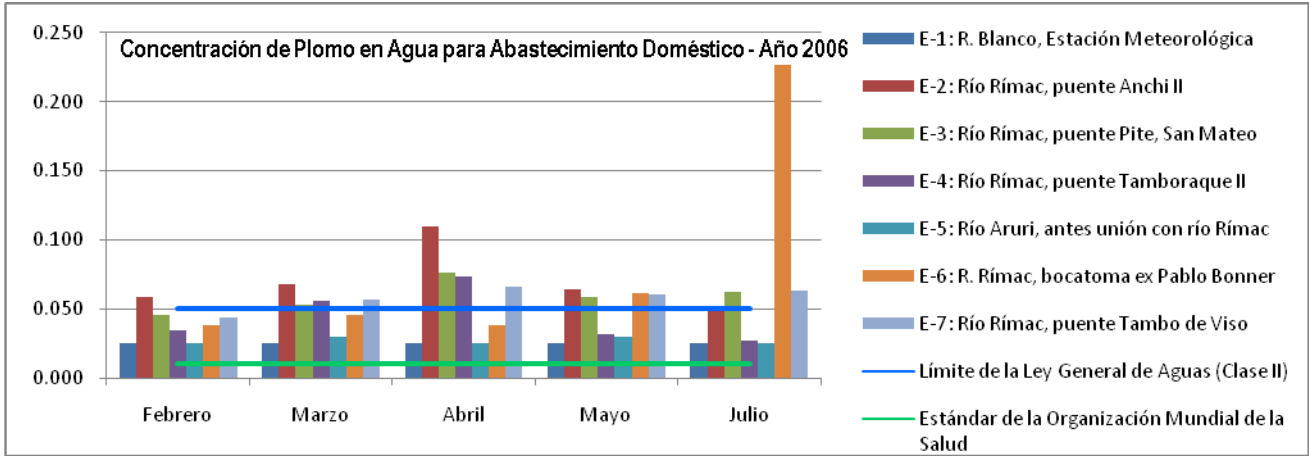


Tabla 75

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,077	0,027	0,145	0,041	0,025	0,070	0,025	0,160	0,046	0,043
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,043	0,028	0,052	0,051	0,025	0,069	0,025	0,036	0,029	0,030
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,042	0,025	0,045	0,048	0,025	0,025	0,025	0,045	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,025	0,026	0,045	--	0,047	0,236	0,025	0,051	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,032	0,025	0,052	0,048	0,030	0,102	0,028	0,038	0,025	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,033	0,025	0,040	0,025	0,025	0,025	0,025	0,475	0,161	0,047
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 40

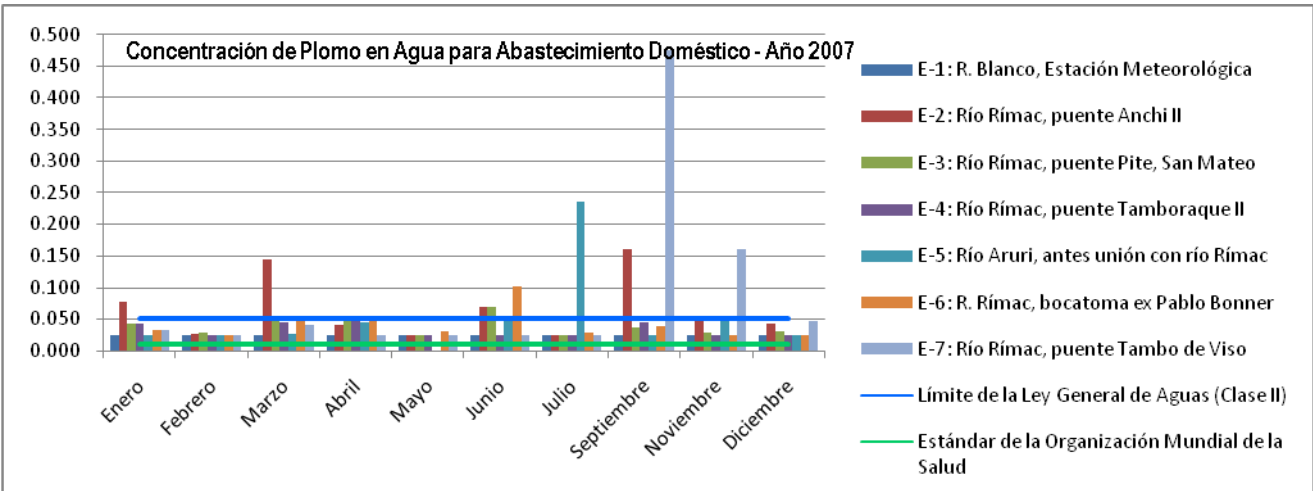


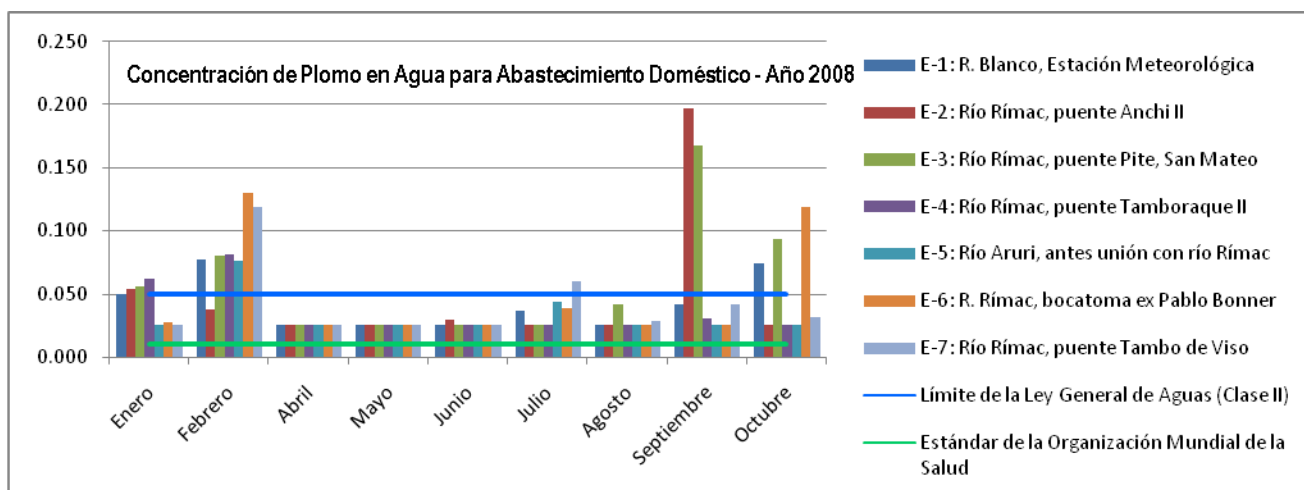
Tabla 76

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,050	0,077	0,025	0,025	0,025	0,037	0,025	0,042	0,074
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,054	0,038	0,025	0,025	0,029	0,025	0,025	0,197	0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,056	0,080	0,025	0,025	0,025	0,025	0,042	0,168	0,094
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,062	0,081	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,030	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,076	0,025	0,025	0,025	0,044	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,027	0,130	0,025	0,025	0,025	0,039	0,025	0,025	0,119
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,119	0,025	0,025	0,025	0,060	0,028	0,042	0,031
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 41



### Resultados Obtenidos del Plomo para Uso de Agua Potable

De acuerdo al estándar establecido por la Organización Mundial de la Salud de 0.01 mg/L de plomo como estándar referencial en el contenido del agua de bebida, se tiene los siguientes resultados:

- Para el año 2000 casi todos los valores promedios mensuales exceden el estándar de la OMS, así tenemos que para los meses de enero, febrero, abril y junio solo una estación (E-2) cumple con el estándar establecido de cinco estaciones muestreadas; en el mes de mayo tres estaciones de muestreo cumplen con el estándar fijado; los meses de marzo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre presentan

valores promedios mensuales por encima de 0.01 mg/L que es el estándar de plomo que no se debe exceder en el agua de bebida. Cabe mencionar que en el mes octubre se registró el mayor promedio mensual de plomo en la estación E-2 con un valor de 3.75 mg/L valor que excede al estándar en 3.74 mg/L.

- Desde el año 2001 hasta el año 2008 todos los valores promedios mensuales exceden el estándar de la OMS en todas las estaciones de muestreo. Así tenemos que el mayor promedio mensual registrado en el año 2001 corresponde al mes de enero en la estación E-2 con un valor de 1.230 mg/L. Para el año 2002 el mayor promedio se registró en el mes de septiembre en la estación E-6 con un valor de 5.115 mg/L de plomo; en el año 2003 el mayor valor fue alcanzado en el mes de octubre en la estación E-2 con un valor de 1.084 mg/L; en el año 2004 el mayor promedio mensual se obtuvo en el mes de junio en la estación E-7 con un valor de 0.380 mg/L; en el año 2005 el mayor promedio mensual se registró en el mes de junio en la estación E-2 con un valor de 0.195 mg/L; en el año 2006 el mayor promedio se obtuvo en el mes de julio en la estación E-6 con una concentración de 0.227 mg/L; en el año 2007 la estación E-7 en el mes de septiembre alcanzó el mayor promedio mensual con un valor promedio de 0.475 mg/L; finalmente en el año 2008 se registró el mayor valor en el mes de septiembre en la estación E-2 con un valor de 0.197 mg/L de plomo valor que se encuentra 19 veces por encima de valor permitido por la OMS para agua de bebida.

### **Análisis del Plomo en función a la Clase III de la Ley General de Aguas**

La clase III de la Ley General de Aguas está referida al Riego de Vegetales de Consumo Crudo y Bebida de Animales en la cual se establece un límite máximo permisible de 0.1 mg/L de plomo como valor permitido en el agua destinada para ambos usos que es un valor mucho más exigente que el establecido por los estándares canadienses para usos de irrigación y bebida de animales.

A continuación se presentan los resultados de valores promedios mensuales para el plomo el cual será analizado en función a la clase III de la referida ley.

Tabla 77  
Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2000

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,009	0,000	0,160	0,018	0,000	0,010	0,112	0,060	0,622	3,750	0,103	0,168
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,286	0,022	0,105	0,053	0,010	0,028	0,085	0,040	0,117	0,760	0,143	0,612
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,134	0,090	0,080	0,050	0,008	0,048	0,090	0,035	0,117	0,520	0,098	1,410
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,130	0,598	0,278	0,110	0,233	0,100	0,213	0,150	0,090	0,056	0,128	0,814
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,064	0,098	0,150	0,153	0,043	0,035	0,060	0,058	0,037	0,048	0,073	0,548
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1											

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 42

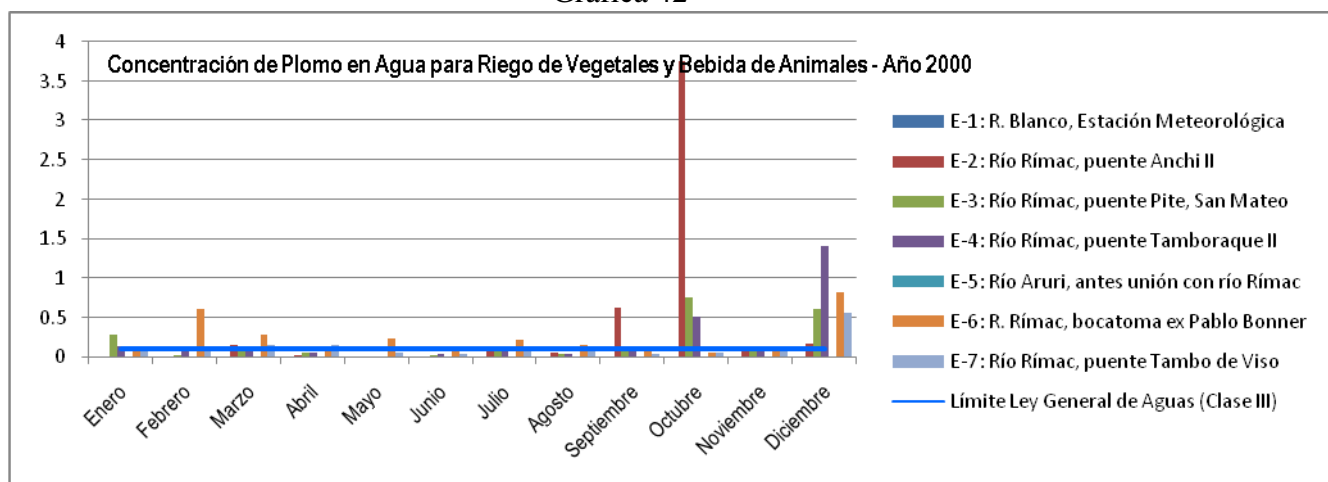


Tabla 78  
Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,230	0,078	0,513	0,108	0,025	0,124	0,104	0,079	0,369
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,046	0,025	0,070	0,025	0,025	0,043	0,025	0,079	0,144
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,599	0,025	0,070	0,025	0,025	0,043	0,025	0,052	0,144
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,572	0,025	0,070	0,051	0,025	0,070	0,077	0,025	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,490	0,025	0,044	0,136	0,025	0,043	0,049	0,079	0,144
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1								

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 43

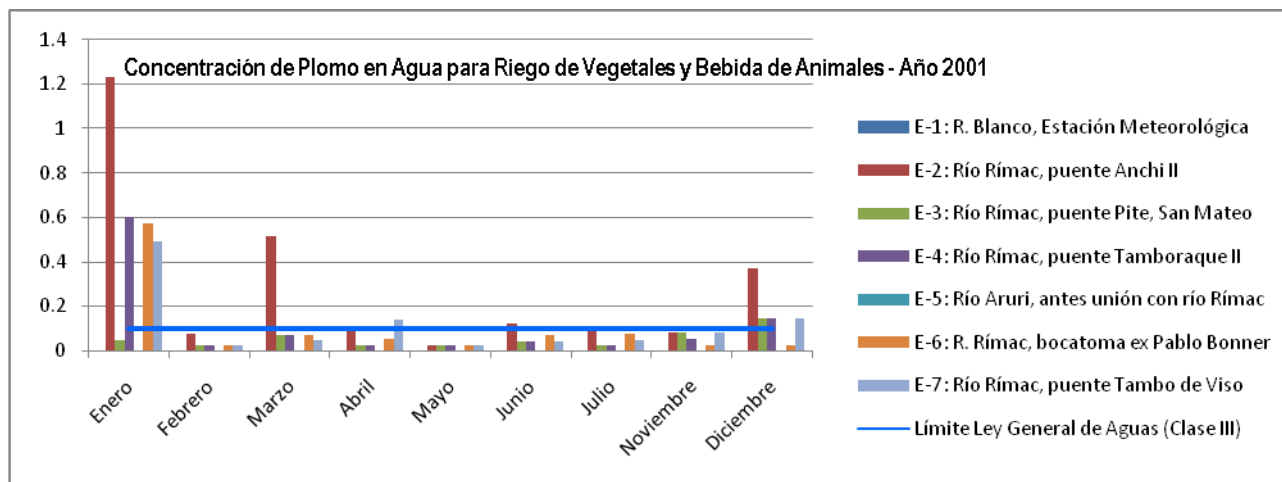


Tabla 79

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2002

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	jul-02	ago-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,477	0,129	0,072	0,129	0,025	0,188	0,070	0,329	0,126
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,154	0,050	0,046	0,049	0,025	0,061	0,043	0,274	0,071
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,181	0,077	0,072	0,049	0,025	0,061	0,025	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,181	1,459	0,072	0,210	0,072	0,883	5,115	0,466	0,099
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,073	0,025	0,025	0,025	0,025	0,061	0,179	0,055	0,071
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1								

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 44

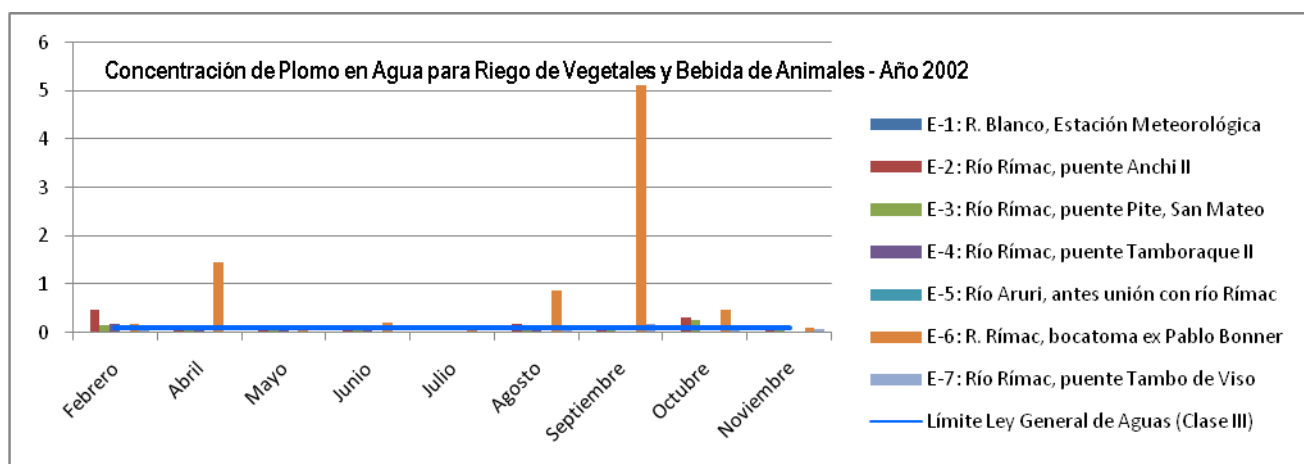


Tabla 80

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2003

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,843	0,213	0,203	0,297	1,084	0,052
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,037	0,129	0,025	0,025	0,843	0,025	0,071	0,060	0,025	0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,037	0,129	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,034	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,025	0,129	0,025	0,025	0,025	0,025	0,045	0,025	0,061	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,182	0,025	0,025	0,025	0,040	0,150	0,025	0,034	0,025
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 45

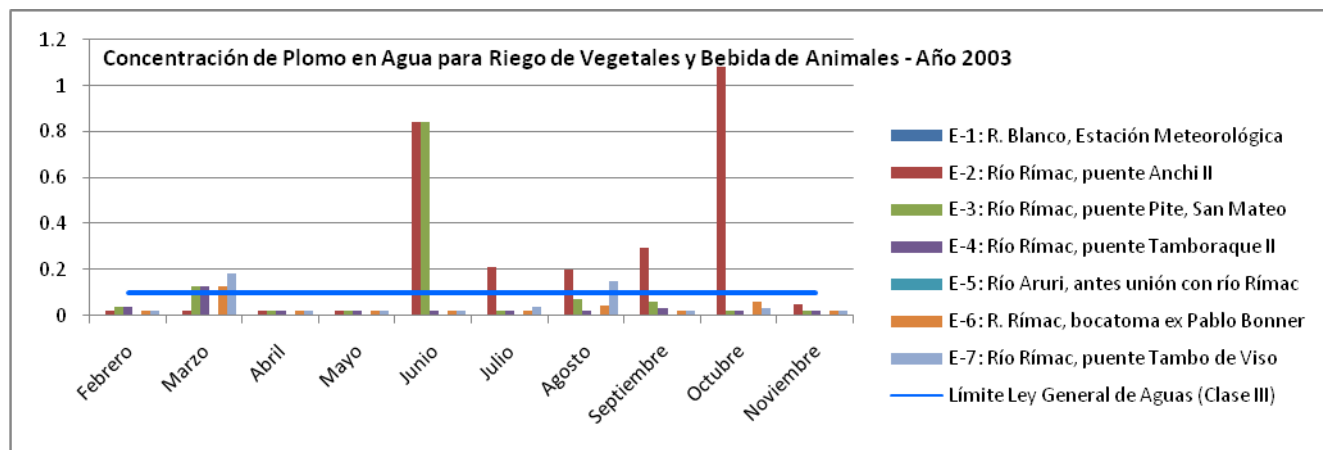


Tabla 81

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,034	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,025	0,025	0,150	0,025	0,242	0,089	0,325	0,074	0,132	0,105
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,034	0,166	0,067	0,078	0,069	0,038	0,103	0,025	0,049	0,105
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,025	0,118	0,067	0,025	0,038	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,180	0,094	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,155	0,025	--	0,025	0,038	0,089	0,103	0,025	0,025	0,078
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,083	0,059	0,067	0,025	0,380	0,025	0,057	0,049	0,049	0,025
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 46

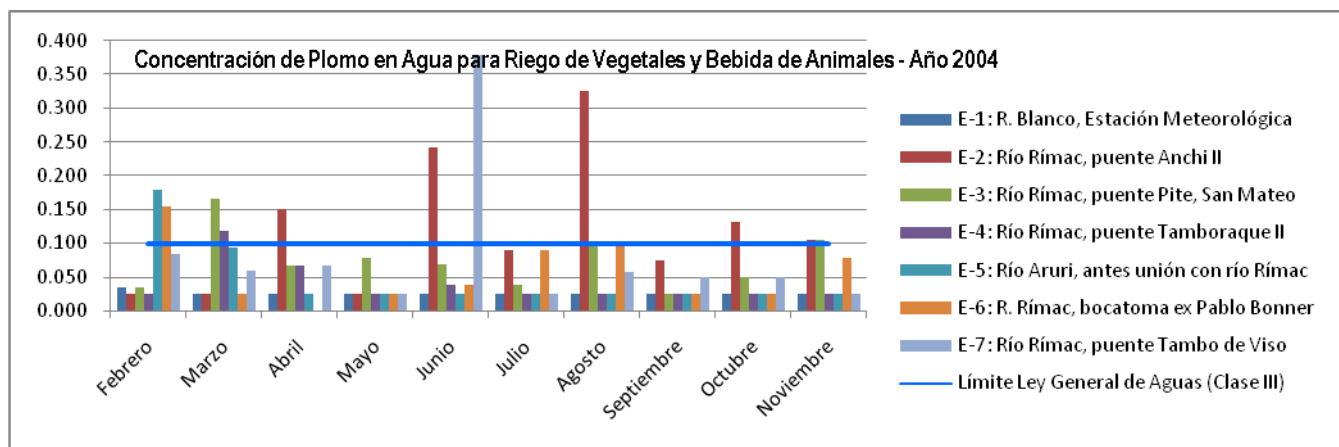


Tabla 82  
Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,123	0,025	0,025	0,129	0,030	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,075	0,051	0,075	0,195	0,156	0,187	0,176	0,060
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,098	0,060	0,039	0,039	0,070	0,054	0,049	0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,097	0,034	0,025	0,025	0,042	0,042	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,051	0,053	0,025	0,025	0,056	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,088	0,025	0,049	0,047	0,083	0,053	0,038	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,064	0,036	0,077	0,026	0,070	0,040	0,029	0,025
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>0,1</b>							

Gráfica 47

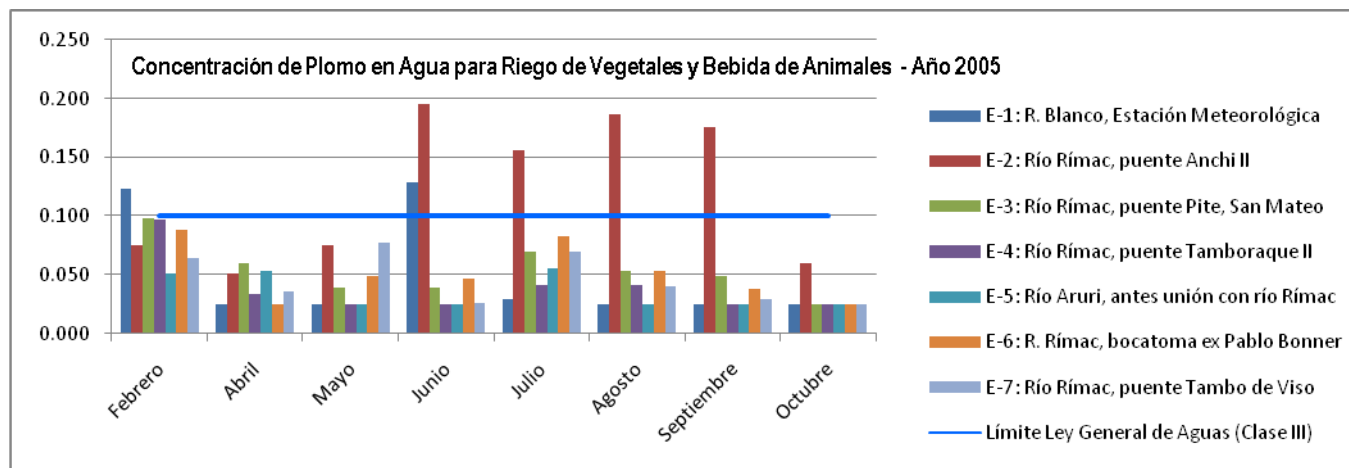


Tabla 83

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,059	0,068	0,110	0,064	0,052
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,046	0,053	0,076	0,059	0,062
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,034	0,056	0,073	0,032	0,027
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,030	0,025	0,030	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,038	0,046	0,038	0,061	0,227
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,044	0,057	0,066	0,060	0,063
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1				

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 48

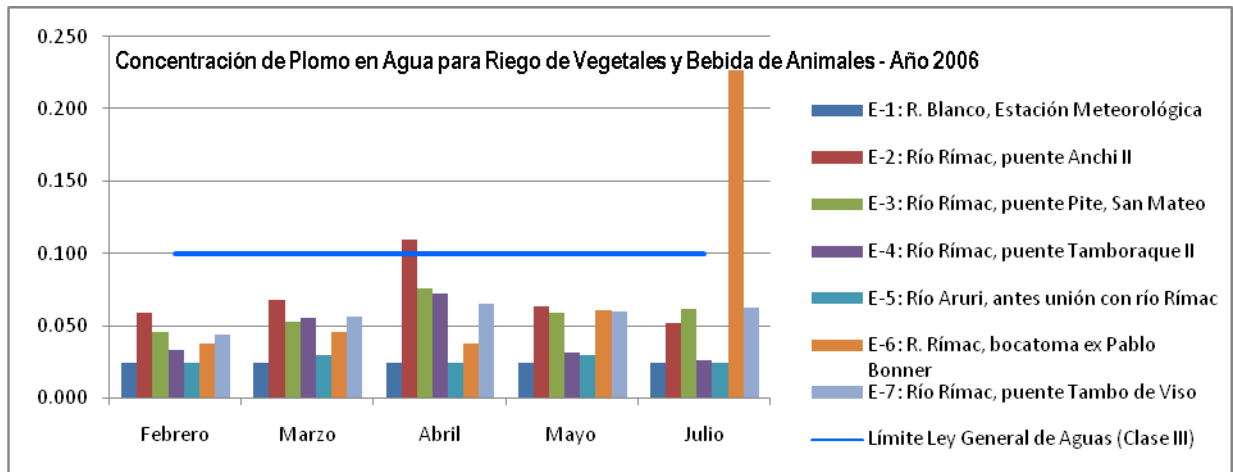


Tabla 84

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,077	0,027	0,145	0,041	0,025	0,070	0,025	0,160	0,046	0,043
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,043	0,028	0,052	0,051	0,025	0,069	0,025	0,036	0,029	0,030
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,042	0,025	0,045	0,048	0,025	0,025	0,025	0,045	0,025	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,025	0,026	0,045	--	0,047	0,236	0,025	0,051	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,032	0,025	0,052	0,048	0,030	0,102	0,028	0,038	0,025	0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,033	0,025	0,040	0,025	0,025	0,025	0,025	0,475	0,161	0,047
LMP de la Ley General de Aguas - Clase III		0,1									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.



Gráfica 49

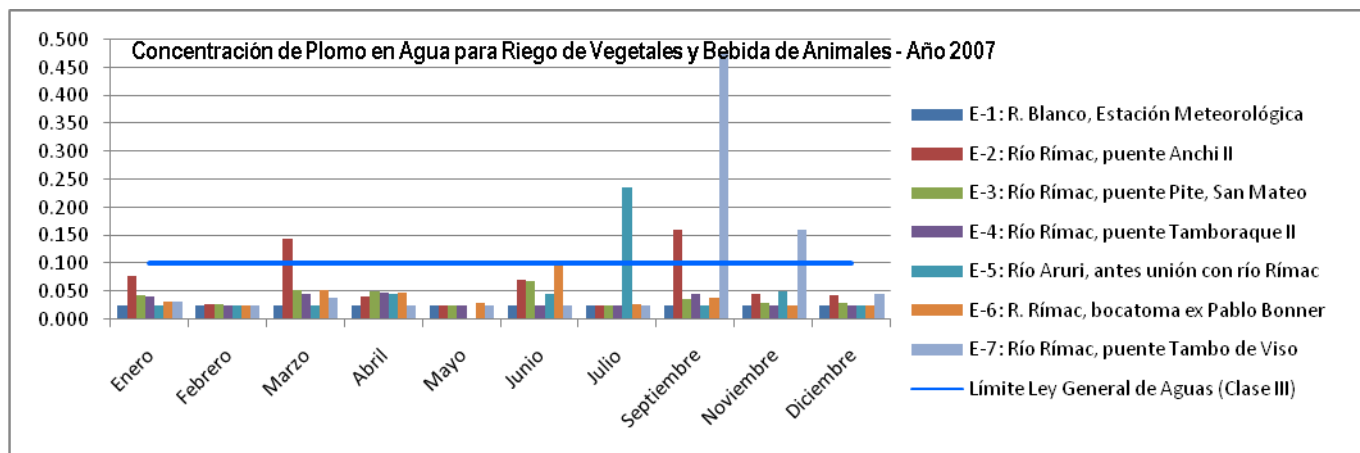
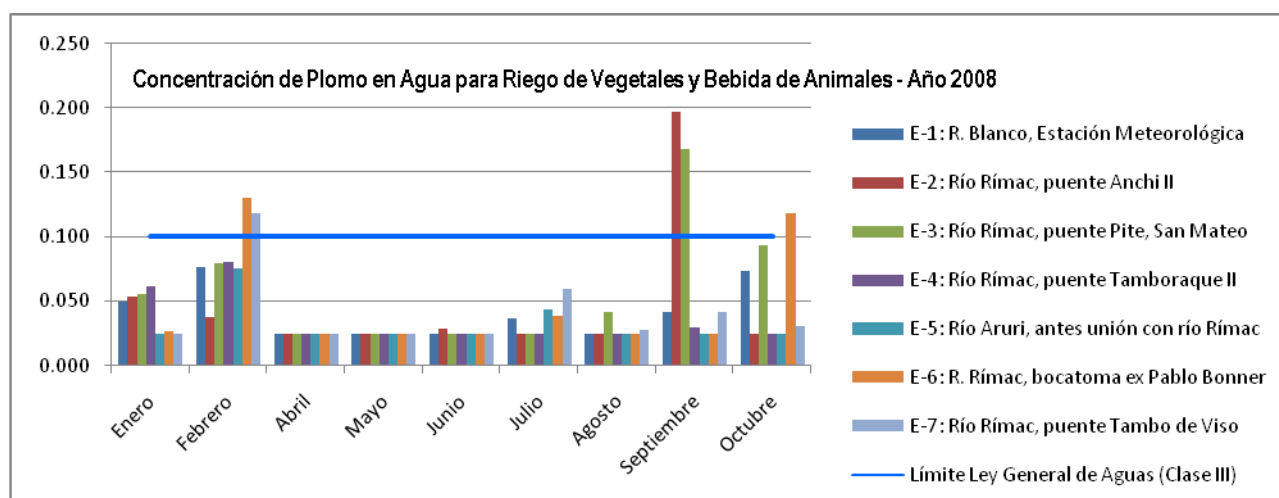


Tabla 85

Valores Promedios Mensuales de Plomo (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,050	0,077	0,025	0,025	0,025	0,037	0,025	0,042	0,074
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,054	0,038	0,025	0,025	0,029	0,025	0,025	0,197	0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,056	0,080	0,025	0,025	0,025	0,025	0,042	0,168	0,094
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,062	0,081	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,030	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,076	0,025	0,025	0,025	0,044	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,027	0,130	0,025	0,025	0,025	0,039	0,025	0,025	0,119
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,119	0,025	0,025	0,025	0,060	0,028	0,042	0,031
<b>LMP de la Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>0,1</b>								

Gráfica 50



### **Resultados Obtenidos del Plomo para Uso de la Clase III**

Los resultados obtenidos para el plomo en función a la clase III de la Ley General de Aguas son los siguientes:

- Para el año 2000 en el mes de enero todas las estaciones de muestreo presentaron valores promedios mensuales por debajo del límite máximo permisible, solo la estación E-3 (Río Rímac, Puente Pite) presentó un valor promedio por encima del LMP con un valor de 0.286 mg/L. En el mes de febrero todas las estaciones presentaron valores promedios por debajo del LMP solo la estación E-6 presentó un valor por encima del LMP con un valor de 0.598 mg/L, igualmente en el mes de marzo todos los valores promedios mensuales se encontraron por debajo del LMP excepto en la estación E-6; en el mes de abril todos los promedios mensuales se encontraron por debajo del LMP; en el mes de mayo solo la estación E-6 presentó un valor por encima del LMP; en junio todos los valores promedios se encontraron por debajo del LMP; en julio solo la estación E-6 tuvo un promedio mensual por encima del LMP las demás estaciones se encontraron por debajo del LMP; en agosto todos los promedios mensuales presentaron concentraciones promedios por debajo del LMP; en septiembre solo la estación E-2 tuvo un promedio mensual por encima del LMP; en octubre las estaciones E-2, E-3 y E-4 tuvieron promedios mensuales por encima del LMP; en noviembre todas las estaciones de muestreo presentaron promedios por debajo del LMP; finalmente en el mes de diciembre de cinco estaciones de muestreo cuatro presentaron promedios mensuales por encima del LMP. Cabe mencionar que en este año el mayor promedio mensual por encima del LMP se registró en el mes de octubre en la estación E-2 con un valor de 3.750 mg/L de plomo.
- En el año 2001 la mayoría de valores promedios mensuales se encontraron por debajo del LMP, así tenemos que en el mes de enero de cinco estaciones de muestreo cuatro presentaron valores promedios mensuales por encima del LMP, en febrero todos los promedios mensuales de las cinco estaciones se encontraron por debajo del LMP, en marzo solo la estación E-2 tuvo un promedio mensual por encima del LMP; los meses de abril, mayo, junio, julio y noviembre presentaron concentraciones promedios mensuales por debajo del LMP en todas las estaciones

de muestreo; finalmente en el mes de diciembre solo la estación E-2 presentó un valor promedio por encima del LMP. El mayor promedio mensual registrado por encima del LMP se presentó en el mes de enero en la estación E-2 con un valor de 1.230 mg/L de plomo siendo el LMP de 0.1 mg/L.

- En el año 2002 el mes de febrero presentó promedios mensuales por debajo del LMP en todas las estaciones de muestreo excepto en la estación E-2; en abril todos los valores se encontraron por debajo del LMP excepto en la estación E-6; en mayo todas las estaciones de muestreo tuvieron promedios mensuales por debajo del LMP; en junio solo la estación E-6 tuvo un promedio mensual por encima del LMP; en julio todas las estaciones de muestreo tuvieron promedios por debajo del LMP; en agosto solo la estación E-6 tuvo un promedio por encima del LMP; en septiembre solo la estación E-6 presentó un valor promedio por encima del LMP; en octubre las estaciones E-2, E-3 y E-6 tuvieron promedios mensuales por encima del LMP; en noviembre todas las estaciones de muestreo presentaron valores promedios por debajo del LMP. El mayor valor promedio por encima del LMP se presentó en el mes de septiembre en la estación E-6 con un valor de 5.115 mg/L de plomo siendo el límite de 0.1 mg/L.
- En el año 2003 los meses de febrero, marzo, abril y mayo presentaron valores promedios mensuales por debajo del LMP en todas las estaciones de muestreo; en junio las estaciones E-2 y E-3 presentaron promedios mensuales por encima del LMP; en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre la estación E-2 (Río Rímac, Puente Anchi) tuvo un promedio mensual por encima del LMP; finalmente en el mes de noviembre todas las estaciones tuvieron promedios mensuales por debajo del LMP. En este año el mayor promedio mensual registrado por encima del LMP se presentó en el mes de octubre en la estación E-2 con un valor de 1.084 mg/L de plomo.
- En el año 2004 en el mes de junio las estaciones E-2 y E-7 presentaron valores promedios por encima del LMP y en el mes de agosto la estación E-2 igualmente presentó un valor promedio por encima del LMP, en los demás meses todas las estaciones de muestreo tuvieron valores promedios por debajo del LMP.

- En el año 2005 todas las estaciones de muestreo tuvieron valores promedios mensuales por debajo del LMP.
- En el 2006 solo un valor excedió el LMP en el mes de julio en la estación E-6, en todos los demás meses se obtuvieron valores promedios mensuales por debajo del LMP.
- En el 2007 solo dos valores promedios excedieron el LMP uno en el mes de julio en la estación E-5 y el otro en el mes de septiembre en la estación E-7; en todos los demás meses se presentaron concentraciones promedios por debajo del LMP.
- En el año 2008 todos los meses tuvieron valores promedios mensuales por debajo del LMP en todas las estaciones de muestreo.

#### **4.2.6 Cadmio**

##### **Análisis del Cadmio en función al Estándar de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable**

La absorción de los compuestos de cadmio depende de su solubilidad. El cadmio se acumula principalmente en los riñones y su semivida biológica en el ser humano es prolongada, de 10 a 35 años.

Hay pruebas de que el cadmio es cancerígeno por inhalación; no obstante, no hay pruebas de que sea cancerígeno por vía oral ni pruebas concluyentes de su genotoxicidad. La toxicidad del cadmio afecta principalmente al riñón.<sup>19</sup>

##### ***Antecedentes de la determinación del valor de referencia***

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 no hicieron referencia al cadmio.

Las Normas internacionales de 1963 recomendaron una concentración máxima admisible de 0,01 mg/l, basándose en los posibles efectos perjudiciales para la salud. Este valor se mantuvo en las Normas internacionales de 1971 como límite superior provisional de concentración, basado en la concentración más baja que se pudo medir

---

<sup>19</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.258.

adecuadamente. La primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, estableció un valor de referencia de 0,005 mg/l para el cadmio en el agua de consumo. Este valor se redujo a 0,003 mg/l en las Guías de 1993.

Para fines de abastecimiento doméstico se ha realizado el análisis del cadmio con el estándar de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable por tener un valor de referencia más exigente en comparación con la clase II de la Ley General de Aguas, siendo el estándar para el primero 0.003 mg/L y para el segundo 0.01 mg/L de cadmio.

A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos desde el año 2000 hasta el año 2008 en las estaciones de muestreo del área de estudio.

**Tabla 86**  
**Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2000**

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,000	0,000	0,013	0,008	0,000	0,005	0,003	0,005	0,033	0,003	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,005	0,010	0,008	0,015	0,018	0,008	0,005	0,010	0,033	0,003	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,090	0,010	0,005	0,015	0,015	0,010	0,005	0,008	0,033	0,003	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,005	0,010	0,008	0,013	0,013	0,010	0,008	0,005	0,033	1,370	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,003	0,012	0,010	0,013	0,008	0,015	0,010	0,010	0,033	0,005	0,013	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,01</b>											
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,003</b>											

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 51

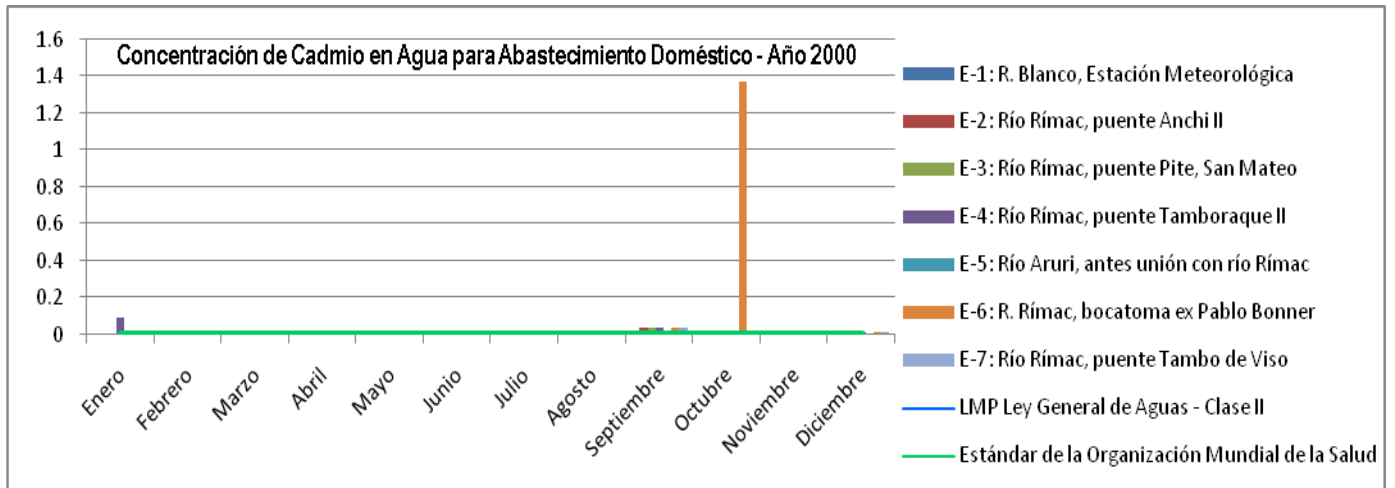


Tabla 87

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,013	0,025	0,013	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,001
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,013	0,015	0,010	0,010	0,013	0,010	0,010	0,010	0,001
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,018	0,013	0,010	0,018	0,010	0,010	0,010	0,001
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,028	0,013	0,013	0,015	0,023	0,013	0,030	0,010	0,001
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,013	0,010	0,018	0,015	0,018	0,010	0,015	0,010	0,001
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,01</b>								
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,003</b>								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 52

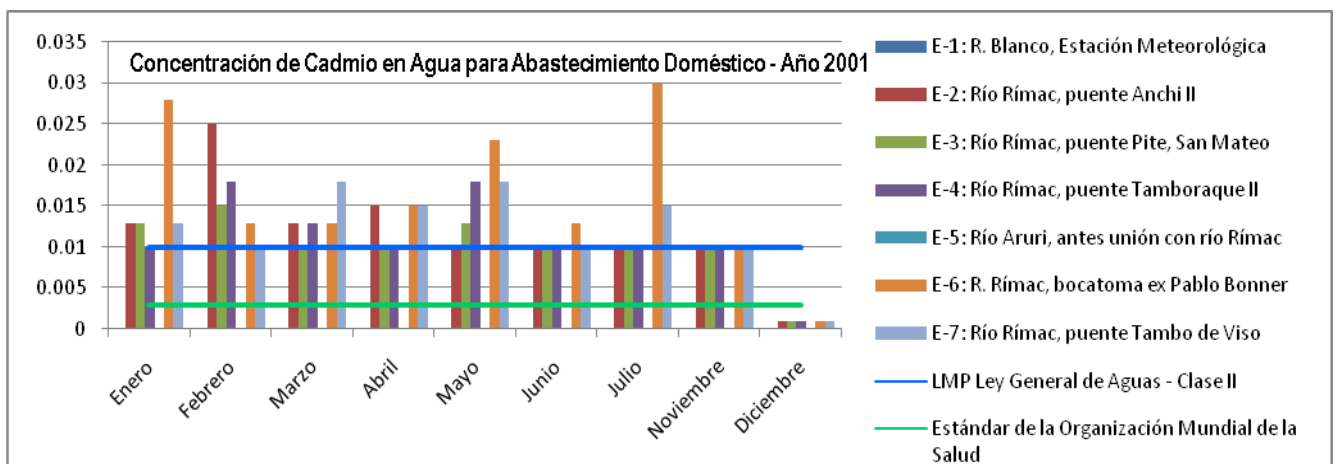


Tabla 88  
Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2002

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,012	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,012	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,015	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,01						
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,003						

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 53

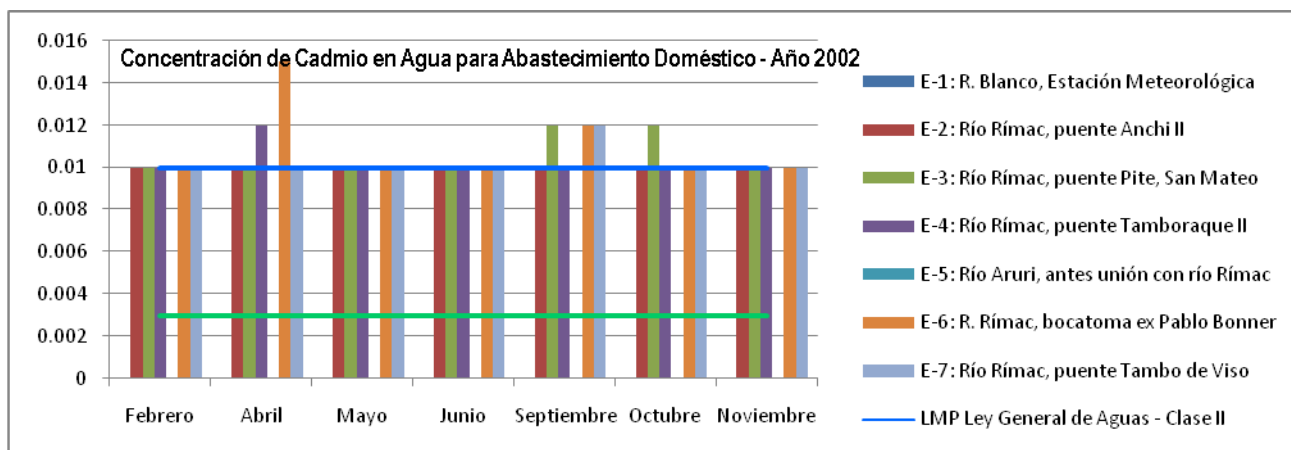


Tabla 89  
Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	--	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,01									
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,003									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 54

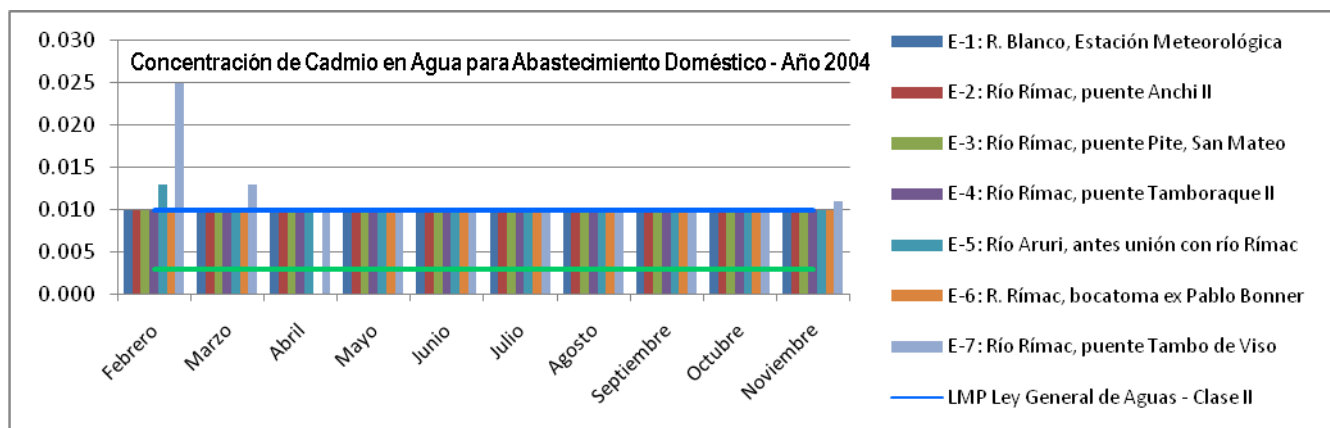


Tabla 90

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	sep-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,010
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,01	
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,003	

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 55

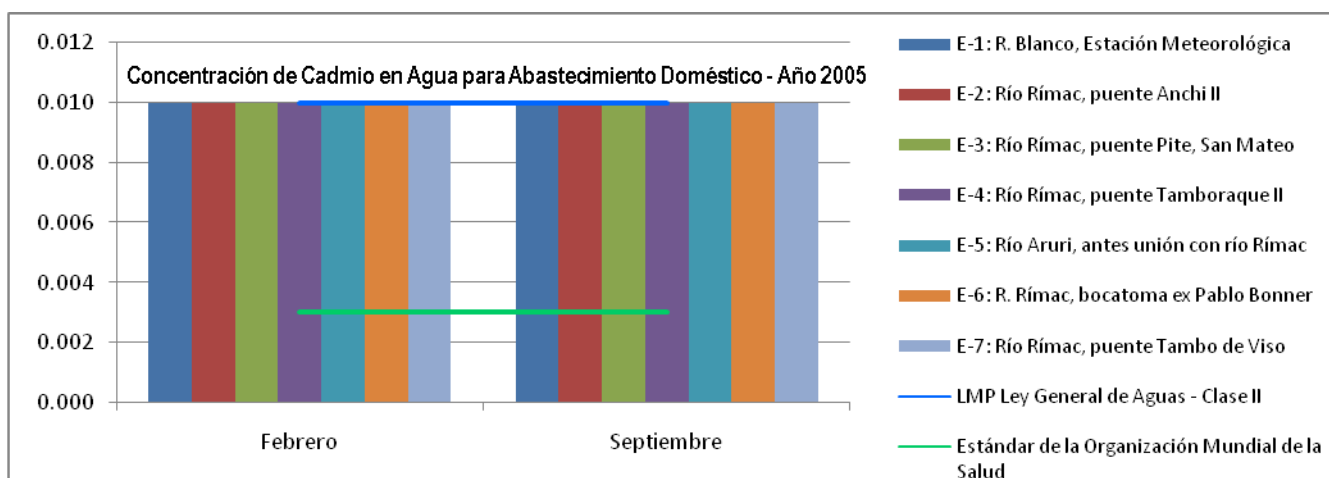




Tabla 91

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,011	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,014	0,014	0,011	0,011	0,010
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,01				
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,003				

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 56

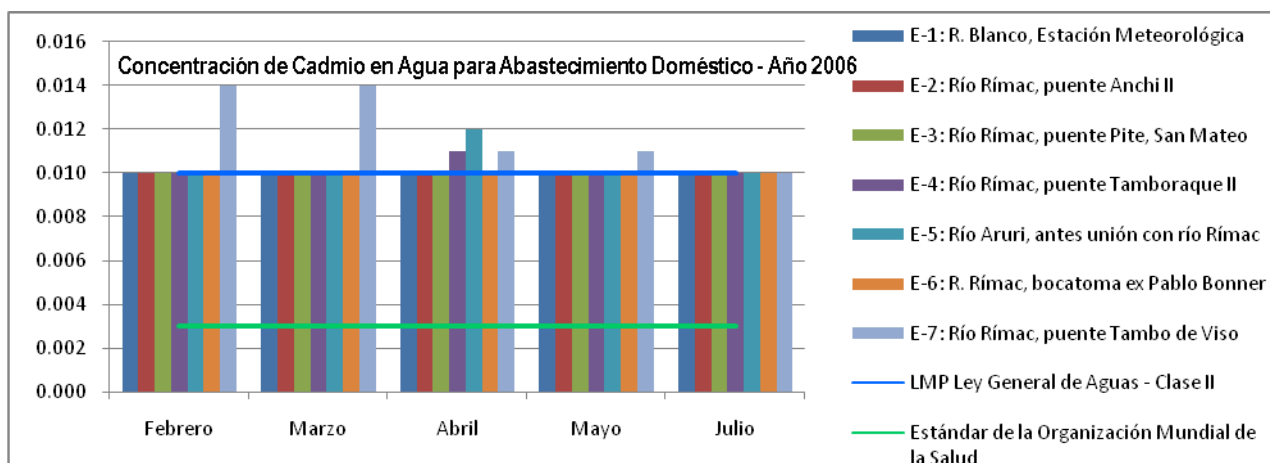


Tabla 92

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,013	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,010	0,010	--	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,021	0,010	0,010
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,01									
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,003									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 57

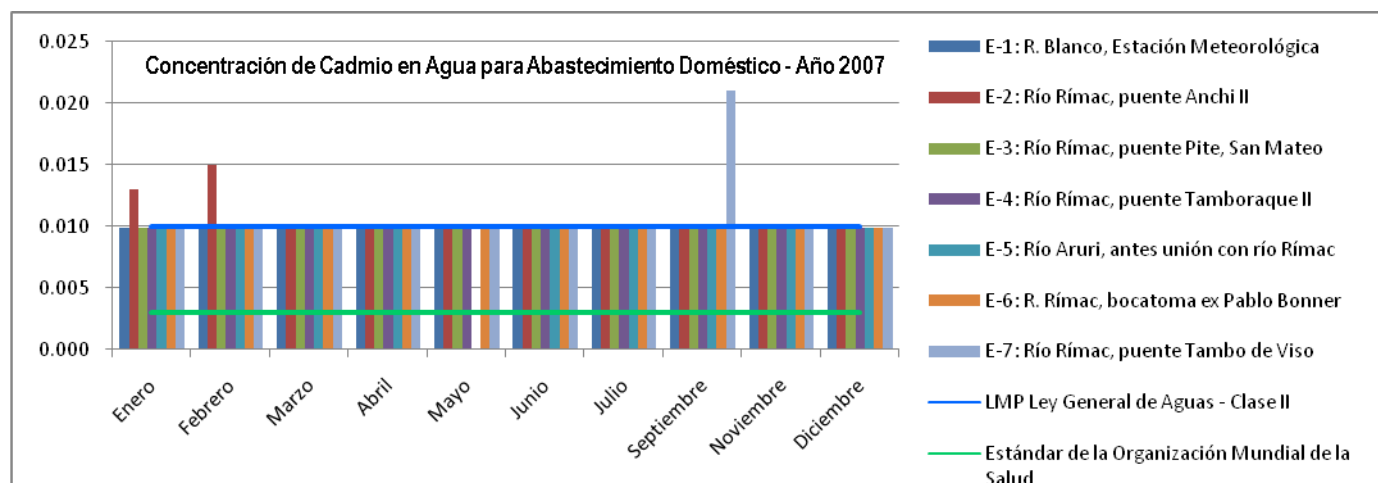


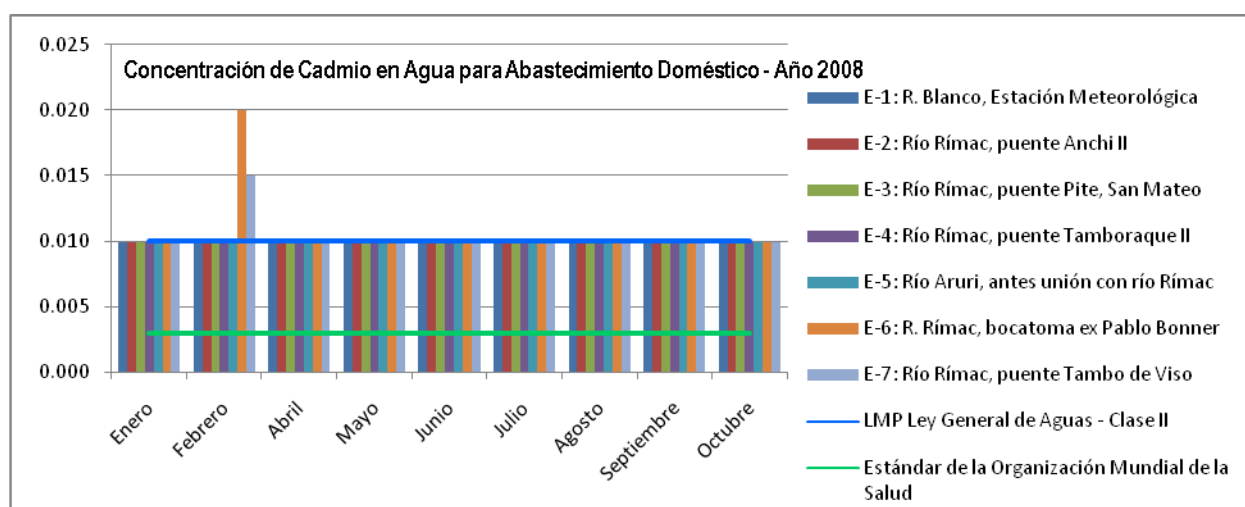
Tabla 93

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,01								
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,003								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 58



### **Resultados Obtenidos del Cadmio para Uso de Agua Potable**

De acuerdo a la comparación de los resultados del cadmio con el estándar de la Organización Mundial de la Salud para fines de consumo de agua para abastecimiento humano se tienen los siguientes resultados.

- Para el año 2000 la mayoría de valores promedios mensuales exceden el estándar establecido por la OMS, así tenemos que para el mes de enero solo dos estaciones (E-2 y E-7) presentan un promedio mensual por debajo del estándar establecido de cinco estaciones muestreadas; en febrero solo una estación cumple con el estándar establecido; en los meses de marzo y abril todas las estaciones presentan promedios mensuales por encima del estándar permitido; en el mes de mayo solo la estación E-2 cumple con el estándar; en junio todas las estaciones exceden el valor permitido; en julio solo una estación (E-2) cumple con el estándar; en agosto y septiembre todos los promedios mensuales exceden el estándar permitido; en octubre las estaciones E-6 y E-7 exceden el estándar fijado; en noviembre y diciembre todos los promedios mensuales exceden el estándar de la OMS que tiene como valor referencial 0.003 mg/L. En octubre en la estación E-6 se registró la concentración más alta que excede en gran medida el estándar permitido presentando un promedio mensual de 1.370 mg/L de cadmio.
- En el año 2001 los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y noviembre presentan promedios mensuales de cadmio que exceden el estándar de la OMS. Solo el mes de diciembre presentó promedios mensuales que cumplen el estándar establecido en todas las estaciones de muestreo.
- En los años 2002, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 todas las estaciones de muestreo presentan promedios mensuales que exceden el estándar de la OMS.

### **Análisis del Cadmio en función a la Clase III de la Ley General de Aguas**

Para el análisis del agua en función a las concentraciones de cadmio para usos de riego de vegetales y bebida de animales se ha utilizado como referencia de comparación los límites máximos permisibles de la clase III de la Ley General de Aguas, ya que presenta

un valor más exigente que el establecido por el estándar canadiense para agua de consumo de animales.

A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo desde el año 2000 hasta el año 2008.

**Tabla 94**  
**Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2000**

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,000	0,000	0,013	0,008	0,000	0,005	0,003	0,005	0,033	0,003	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,005	0,010	0,008	0,015	0,018	0,008	0,005	0,010	0,033	0,003	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,090	0,010	0,005	0,015	0,015	0,010	0,005	0,008	0,033	0,003	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,005	0,010	0,008	0,013	0,013	0,010	0,008	0,005	0,033	1,370	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,003	0,012	0,010	0,013	0,008	0,015	0,010	0,010	0,033	0,005	0,013	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>											

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

**Gráfica 59**

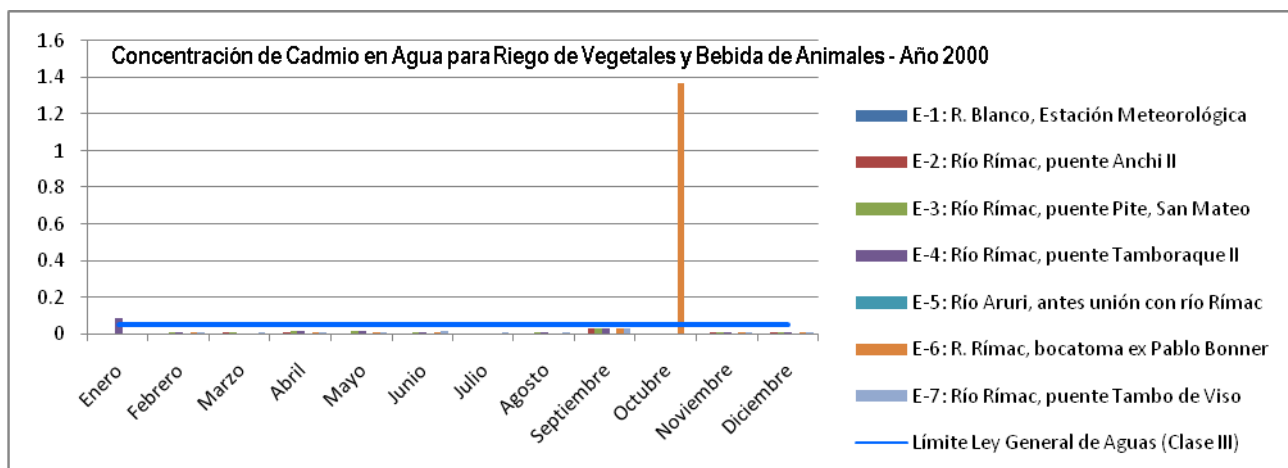


Tabla 95  
Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,013	0,025	0,013	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,001
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,013	0,015	0,010	0,010	0,013	0,010	0,010	0,010	0,001
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,018	0,013	0,010	0,018	0,010	0,010	0,010	0,001
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,028	0,013	0,013	0,015	0,023	0,013	0,030	0,010	0,001
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,013	0,010	0,018	0,015	0,018	0,010	0,015	0,010	0,001
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>								

Gráfica 60

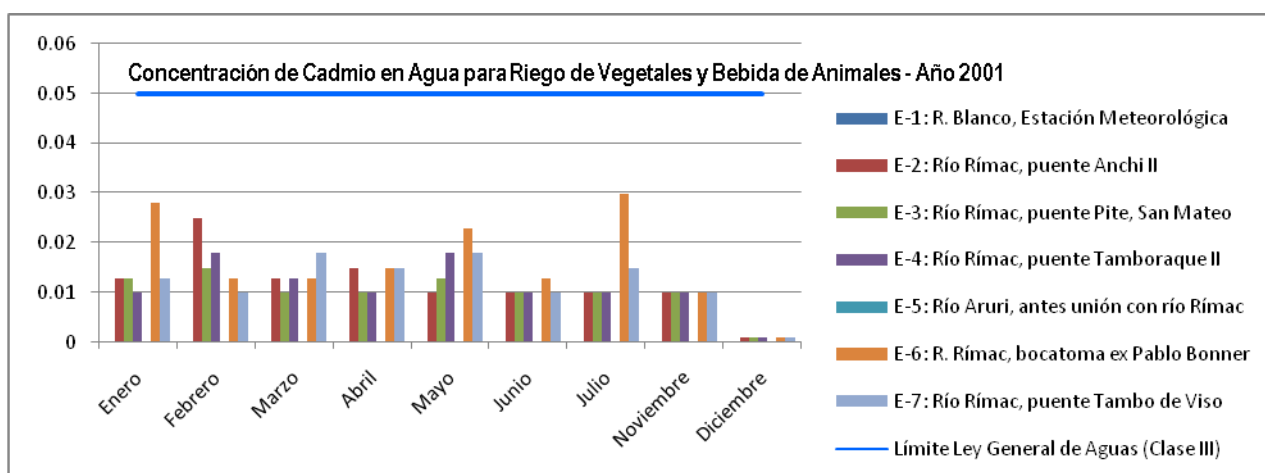


Tabla 96  
Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2002

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,012	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,012	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,015	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>						

Gráfica 61

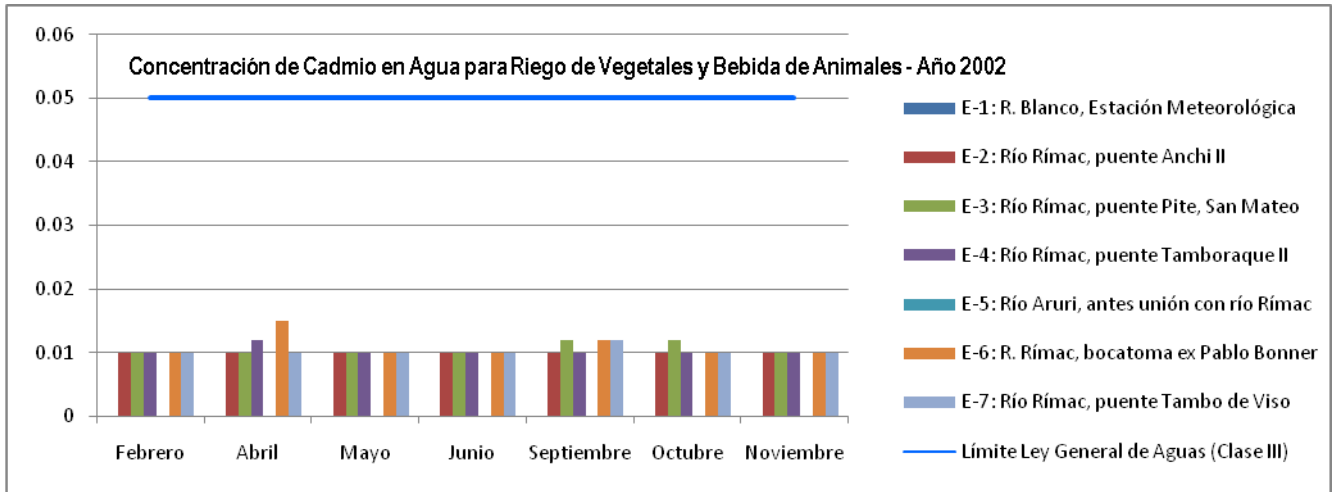


Tabla 97

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	--	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>									

Gráfica 62

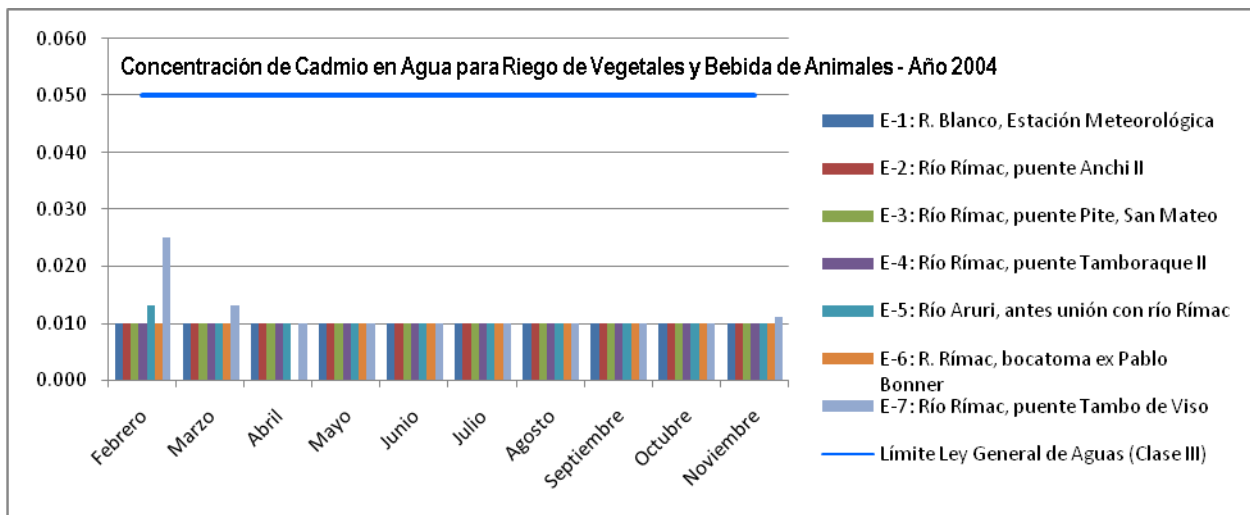


Tabla 98

**Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	sep-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>	

Gráfica 63

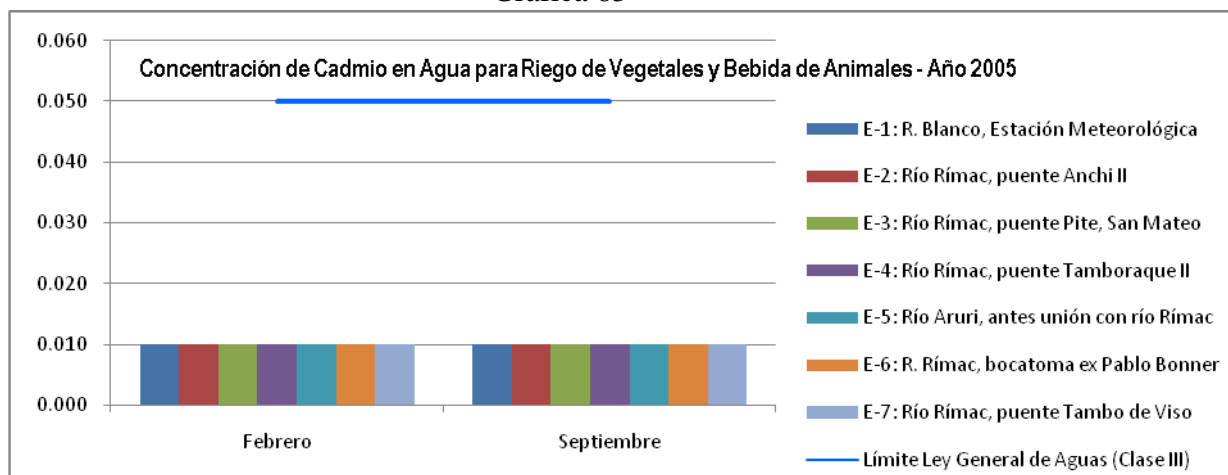


Tabla 99

**Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,011	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,014	0,014	0,011	0,011	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>				

Gráfica 64

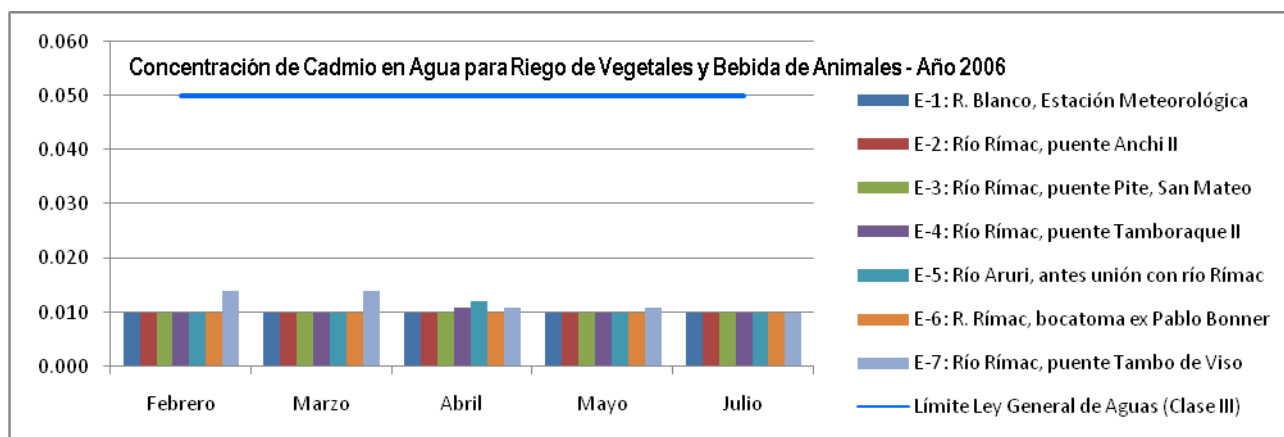


Tabla 100

Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,013	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,010	0,010	--	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,021	0,010	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>									

Gráfica 65

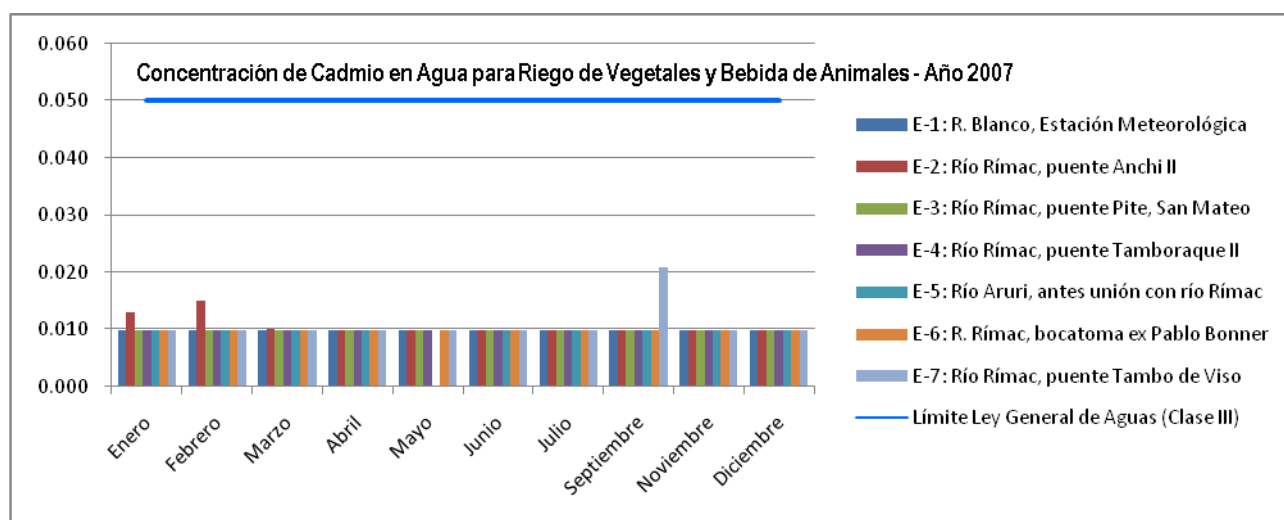


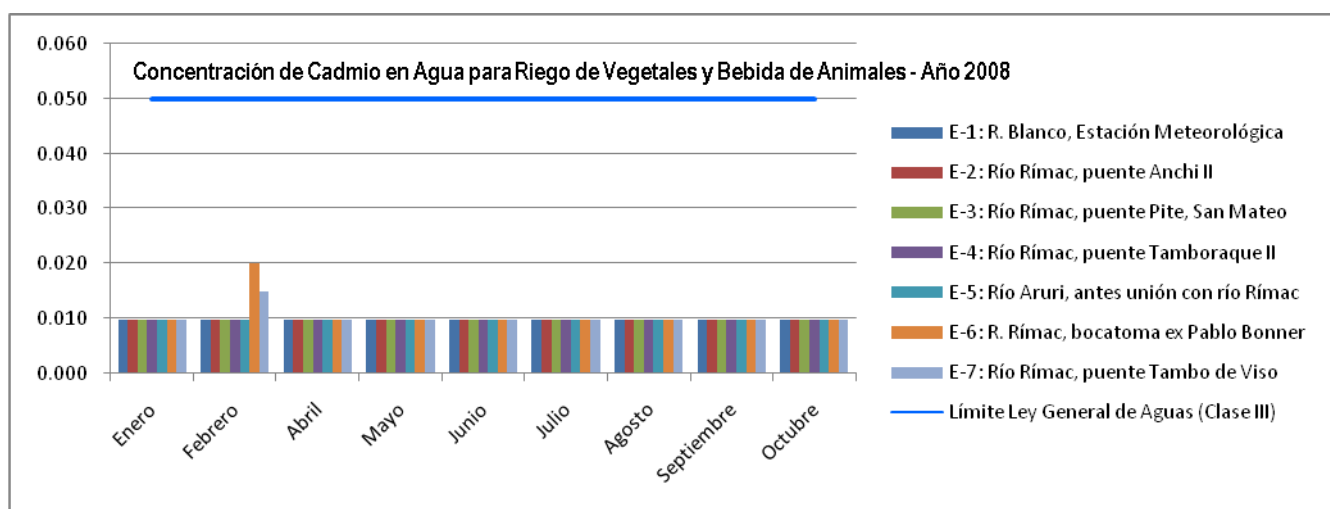


Tabla 101

**Valores Promedios Mensuales de Cadmio (mg/L) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>LMP Ley General de Aguas Clase III</b>		<b>0,05</b>								

Gráfica 66



De acuerdo a la comparación de los valores promedios de cadmio con los límites máximos permisibles de la clase III de la Ley General de Aguas, referido al uso del agua para fines de riego de vegetales y bebida de animales se tiene los siguientes resultados.

- Para el año 2000 se tiene que casi todos los valores promedios cumplen con el LMP presentando concentraciones por debajo del valor establecido. Solo en el mes de enero la estación E-4 presentó un valor promedio por encima del LMP y en el mes de octubre la estación E-6 también superó el LMP; en todos los demás meses se cumplió con el LMP que tiene un valor de 0.05 mg/L de cadmio.

- En todos los demás años muestreados (2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008) los valores promedios cumplieron el LMP con concentraciones por debajo del valor establecido.

#### **4.2.7 Cobre**

##### **Análisis del Cobre en función a la Clase II de la Ley General de Aguas para Abastecimiento Doméstico**

El cobre es un nutriente esencial y al mismo tiempo un contaminante del agua de consumo. Las concentraciones suelen ser bajas en muestras de agua corriente o que se ha dejado correr prolongadamente, mientras que en muestras de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo son más variables y suelen ser considerablemente más altas (con frecuencia  $>1$  mg/l). El IPCS (Programa Internacional de Seguridad Química) concluyó que el límite máximo aceptable de ingesta por vía oral para adultos resulta dudoso, pero es probable que sea del orden de varios miligramos al día (más de 2 ó 3, pero no muchos). Esta evaluación se basó únicamente en estudios sobre los efectos gastrointestinales del agua de consumo contaminada con cobre. En estudios recientes se ha definido el umbral de concentración de cobre en el agua de consumo que produce efectos sobre el aparato digestivo.<sup>20</sup>

##### ***Antecedentes de la determinación del valor de referencia***

En las Guías de la Organización Mundial de la Salud del año 1993 se calculó un valor de referencia provisional basado en efectos sobre la salud de 2 mg/l debido a las incertidumbres sobre la toxicidad del cobre para el ser humano. Este valor de referencia se mantuvo en el apéndice a las Guías publicado en 1998 y continuó siendo provisional debido a las incertidumbres sobre la relación dosis-respuesta entre el cobre del agua de consumo y los efectos gastrointestinales agudos en las personas. Se señaló además que el resultado de estudios epidemiológicos que se están realizando en Chile, Suecia y los EE. UU podrían permitir una cuantificación más exacta de las concentraciones de cobre

---

<sup>20</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.271.

que producen toxicidad en las personas, incluidas las de subgrupos de población sensibles.

Para efectos del análisis del cobre en agua destinada para consumo doméstico se ha elegido utilizar como valor referencial el establecido en la clase II de la Ley General de Aguas debido a que tiene un límite más exigente (1.0 mg/L) que el propuesto en el estándar de la Organización Mundial de la Salud (2.0 mg/L).

A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos para el cobre desde el año 2000 hasta el año 2008 los cuales serán comparados con la normativa mencionada.

**Tabla 102**  
**Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2000**

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,004	0,000	0,215	0,002	0,000	0,028	0,040	0,040	0,180	0,620	0,048	0,073
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,156	0,018	0,105	0,095	0,090	0,078	0,043	0,075	0,038	0,250	0,083	0,375
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,175	0,158	0,083	0,088	0,075	0,080	0,038	0,078	0,034	0,190	0,070	0,500
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,155	0,228	0,123	0,098	0,140	0,113	0,073	0,095	0,026	0,210	0,073	0,335
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,051	0,172	0,108	0,093	0,052	0,138	0,078	0,085	0,042	0,095	0,023	0,235
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>1</b>											

**Gráfica 67**

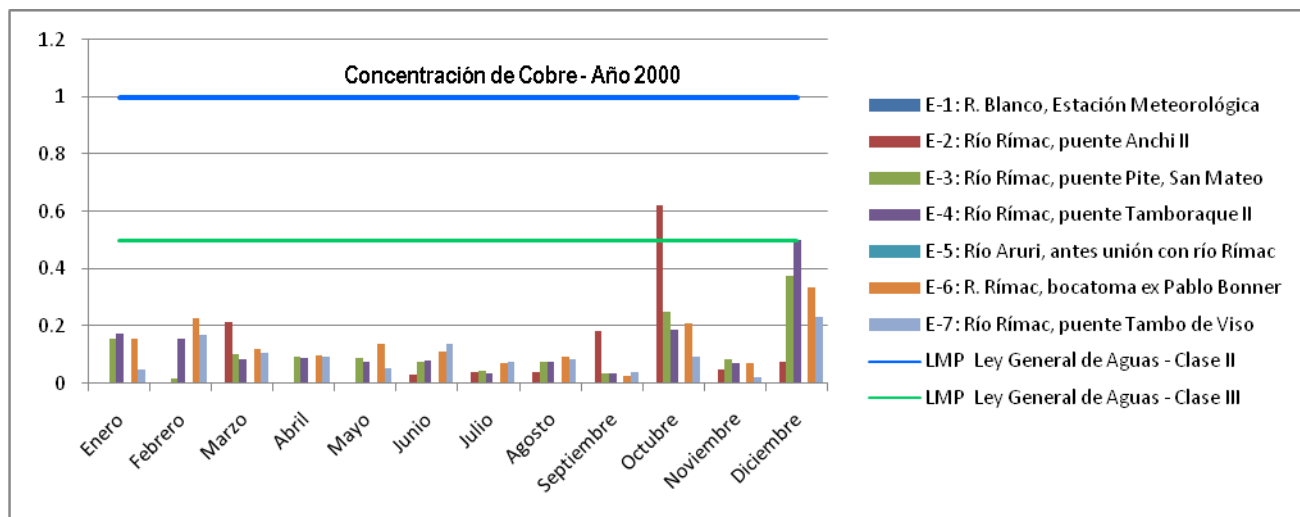


Tabla 103

Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,405	0,155	0,243	0,110	0,270	0,038	0,040	0,068	0,167
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,195	0,098	0,118	0,008	0,108	0,073	0,073	0,035	0,047
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,200	0,098	0,120	0,098	0,150	0,070	0,065	0,038	0,047
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,278	0,100	0,118	0,113	0,160	0,095	0,500	0,035	0,052
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,290	0,098	0,115	0,203	0,088	0,060	0,053	0,080	0,057
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1								

Gráfica 68

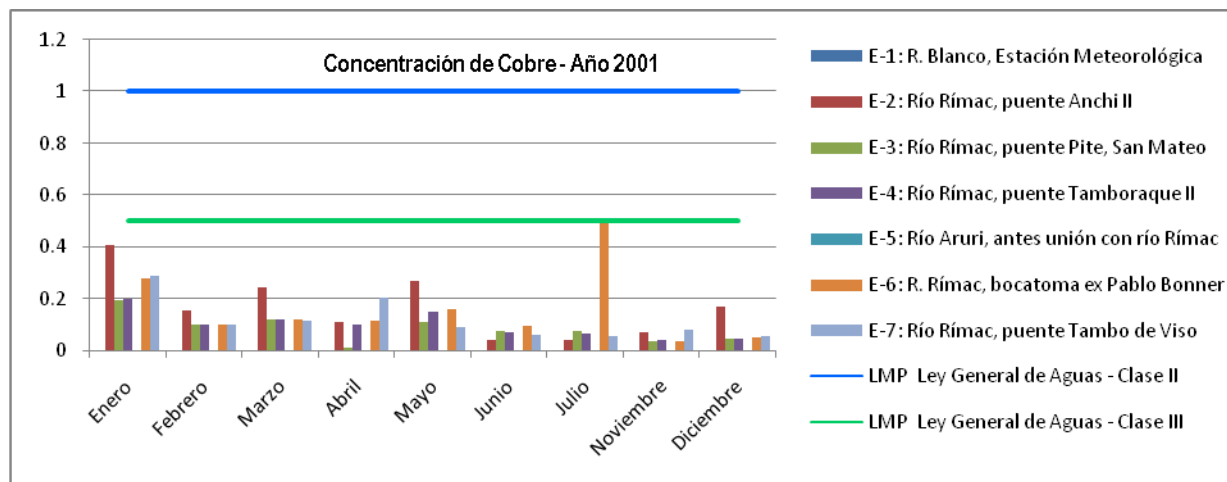


Tabla 104

Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2002

Estación	Ubicación	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	jul-02	ago-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,110	0,055	0,010	0,030	0,015	0,040	0,040	0,056	0,088
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,087	0,083	0,080	0,055	0,033	0,055	0,052	0,063	0,083
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,097	0,078	0,078	0,060	0,034	0,065	0,043	0,010	0,022
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,093	0,250	0,100	0,045	0,063	0,163	0,200	0,113	0,138
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,077	0,130	0,083	0,055	0,059	0,060	0,055	0,053	0,105
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1								

Gráfica 69

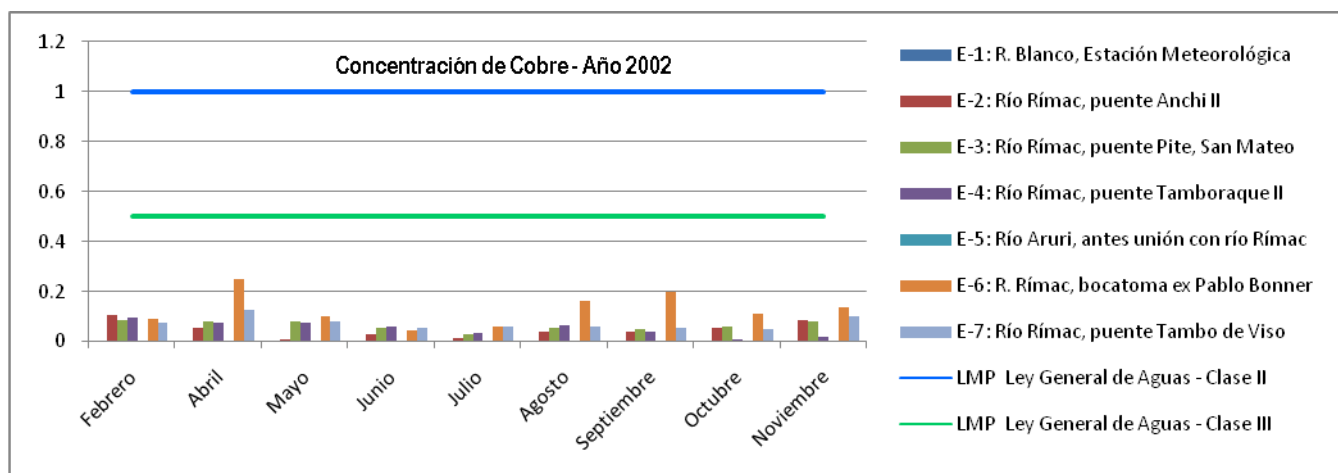


Tabla 105

Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2003

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,060	0,105	0,005	0,035	0,083	0,035	0,070	0,098	0,065	0,048
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,118	0,115	0,083	0,075	0,078	0,030	0,060	0,055	0,005	0,005
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,110	0,123	0,085	0,075	0,010	0,008	0,033	0,020	0,005	0,013
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,095	0,130	0,085	0,078	0,068	0,010	0,068	0,053	0,028	0,035
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,063	0,125	0,045	0,090	0,050	0,048	0,060	0,065	0,045	0,038
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1									

Gráfica 70

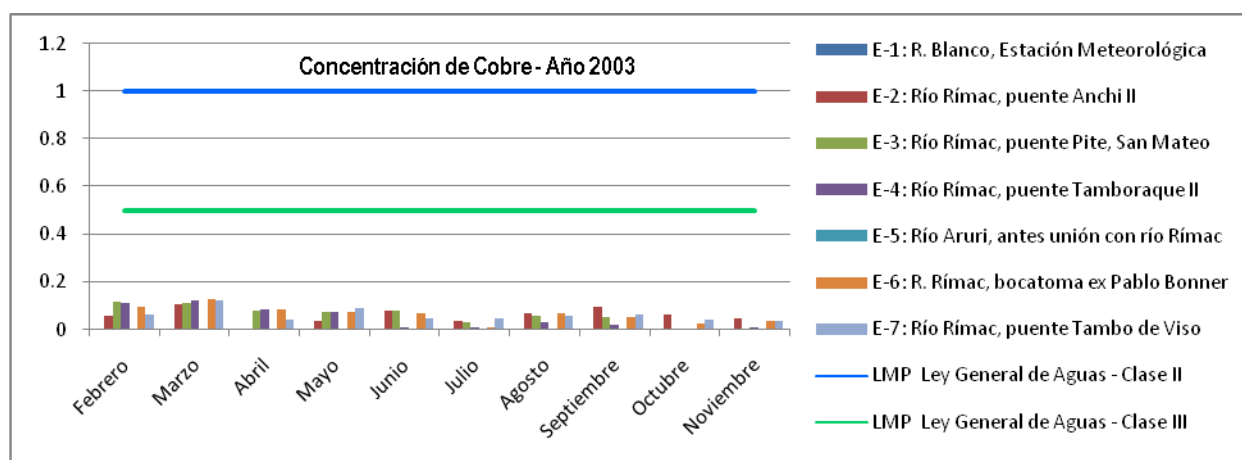


Tabla 106

Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,010	--	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1									

Gráfica 71

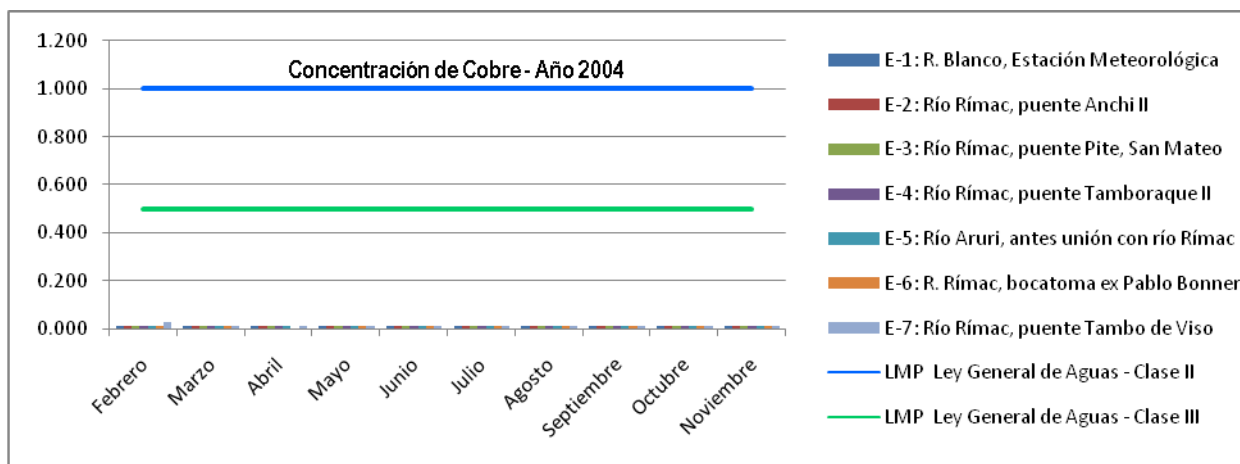


Tabla 107

Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,023	0,005	0,005	0,180	0,005	0,005	0,005	0,005
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,095	0,028	0,028	0,076	0,107	0,056	0,149	0,204
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,104	0,057	0,042	0,027	0,022	0,011	0,022	0,023
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,107	0,017	0,017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,077	0,051	0,027	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,097	0,049	0,063	0,032	0,027	0,012	0,024	0,015
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,077	0,139	0,119	0,098	0,051	0,038	0,047	0,026
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1							

Gráfica 72

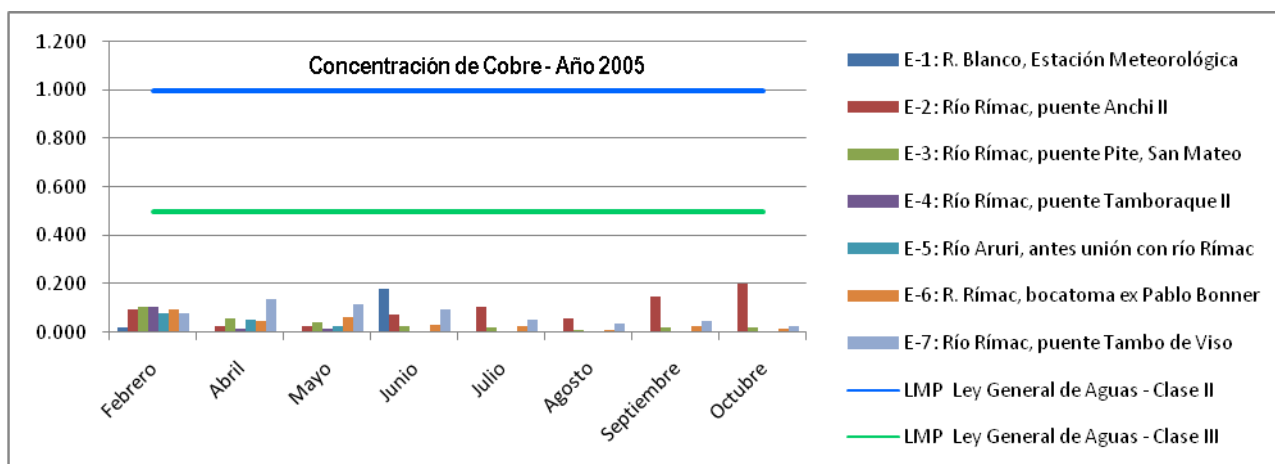


Tabla 108  
Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,063	0,077	0,050	0,020	0,038
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,118	0,077	0,072	0,108	0,058
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,098	0,077	0,074	0,011	0,005
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,083	0,098	0,073	0,038	0,015
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,111	0,078	0,034	0,098	0,090
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,190	0,081	0,075	0,146	0,128
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1				

Gráfica 73

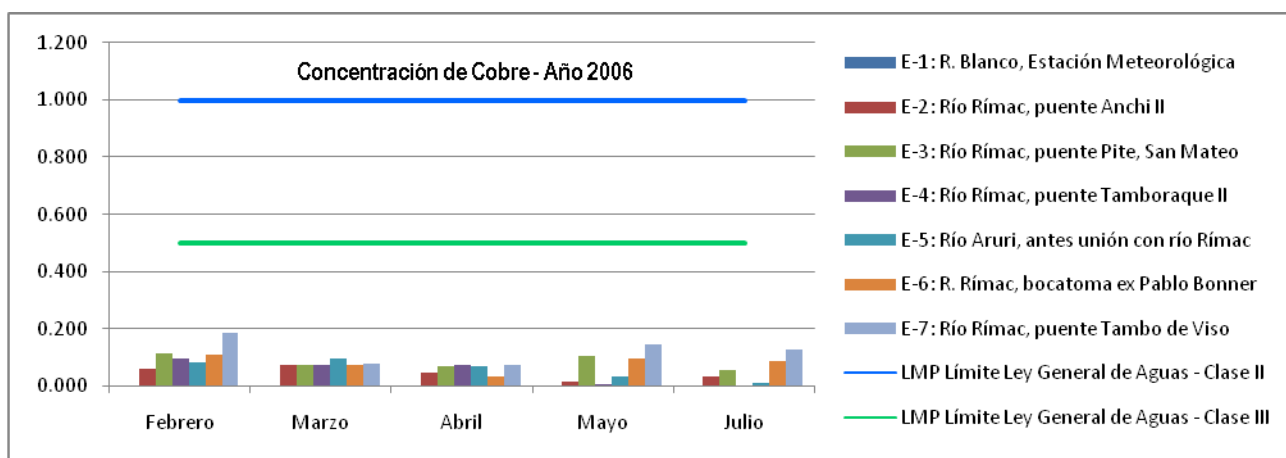


Tabla 109  
Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,018
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,159	0,039	0,103	0,020	0,027	0,027	0,034	0,077	0,022	0,029
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,049	0,016	0,033	0,068	0,056	0,058	0,032	0,031	0,010	0,027
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,044	0,015	0,028	0,062	0,041	0,009	0,006	0,030	0,012	0,026
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,070	0,044	0,063	0,067	--	0,052	0,089	0,010	0,017	0,014
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,053	0,023	0,034	0,066	0,065	0,097	0,044	0,044	0,012	0,032
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,068	0,056	0,041	0,052	0,125	0,099	0,089	0,346	0,141	0,058
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1									

Gráfica 74

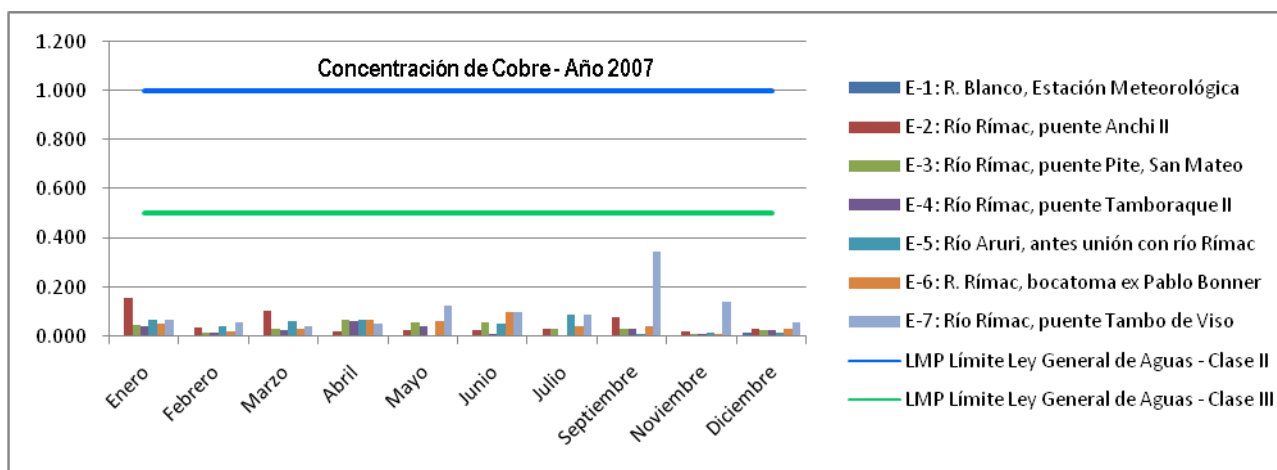
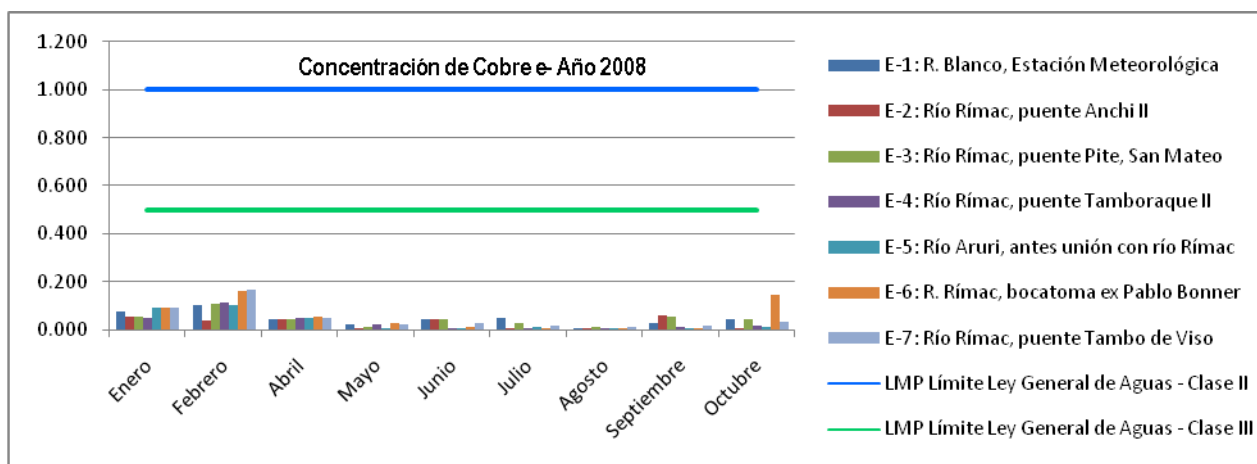


Tabla 110  
Valores Promedios Mensuales de Cobre (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,076	0,103	0,042	0,020	0,042	0,047	0,008	0,027	0,045
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,052	0,036	0,044	0,005	0,043	0,005	0,005	0,058	0,005
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,052	0,108	0,043	0,013	0,042	0,027	0,011	0,055	0,042
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,050	0,114	0,046	0,022	0,006	0,008	0,008	0,012	0,014
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,091	0,104	0,046	0,006	0,006	0,008	0,005	0,005	0,011
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,092	0,159	0,052	0,029	0,008	0,007	0,005	0,005	0,142
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,090	0,167	0,048	0,021	0,027	0,014	0,009	0,016	0,030
LMP Ley General de Aguas - Clase II		1								



Gráfica 75



### Resultados Obtenidos del Cobre para Uso de Abastecimiento Doméstico

Para todos los años de muestreo desde el año 2000 hasta el año 2008 los valores promedios mensuales del cobre en cada una de las estaciones de muestreo **no exceden** el límite máximo permisible establecido en la clase II de la Ley General de Aguas.

### Resultados Obtenidos del Cobre para Uso de Riego de Vegetales y Bebida de Animales

De acuerdo a las gráficas presentadas para el cobre todos los valores promedios mensuales desde el año 2000 hasta el año 2008 **no exceden** el límite máximo permisible establecido en la clase III de la Ley General de Aguas. Solo en el año 2000 en el mes de octubre la estación E-2 (Río Rímac, Puente Anchi) excede ligeramente el LMP con un valor de 0.620 mg/L de cobre, siendo el LMP 0.5 mg/L.

#### 4.2.8 Cromo

#### Análisis del Cromo en función al Estándar de la Organización Mundial de la Salud para Agua Potable

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de cromo (hexavalente) de 0,05 mg/l, basándose en los

posibles efectos perjudiciales para la salud. Este valor se mantuvo en las Normas internacionales de 1963. El cromo no se evaluó en las Normas internacionales de 1971. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se mantuvo el valor de referencia de 0,05 mg/l, y se especificó que se refería al cromo total debido a la dificultad de analizar únicamente la forma hexavalente. Las Guías de 1993 pusieron en duda el valor de referencia de 0,05 mg/l debido a la capacidad cancerígena del cromo hexavalente por inhalación y a su genotoxicidad, pero los datos toxicológicos disponibles no justificaban la determinación de un nuevo valor de referencia. Como medida práctica se mantuvo como valor de referencia provisional 0,05 mg/l —una concentración que se considera que es poco probable que implique riesgos significativos para la salud— hasta que se disponga de nueva información y el cromo pueda ser evaluado de nuevo.<sup>21</sup>

A continuación se presentan los valores promedios mensuales de cromo obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo, los cuales serán analizados en función el estándar de la OMS el cual coincide con el límite máximo permisible de la clase II de la Ley General de Aguas.

Tabla 111  
**Valores Promedios Mensuales de Cromo (mg/L) – Año 2000**

Estación	Ubicación	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jul-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,05</b>				
<b>Estándar Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,05</b>				

<sup>21</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.270.

Gráfica 76

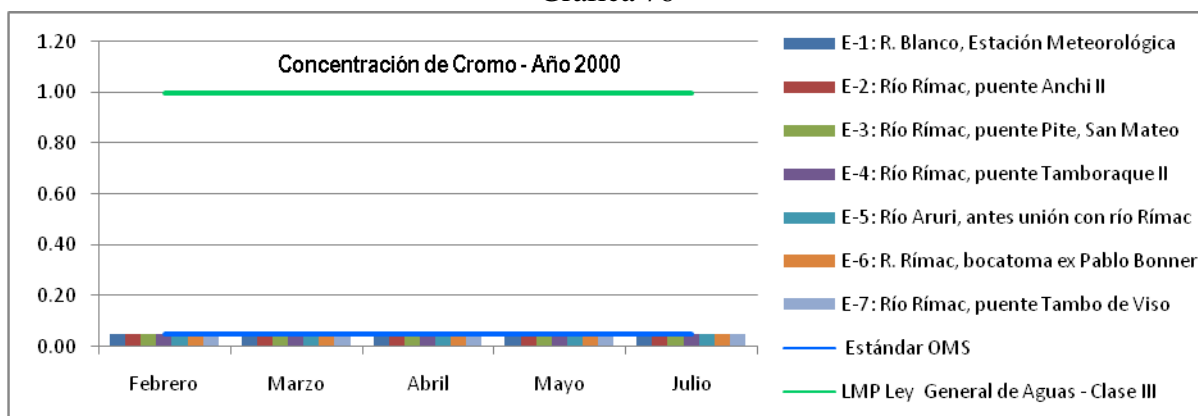


Tabla 112

Valores Promedios Mensuales de Cromo (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,05	0,05	--	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
LMP Ley General de Aguas - Clase II		0,05									
Estándar Organización Mundial de la Salud		0,05									

Gráfica 77

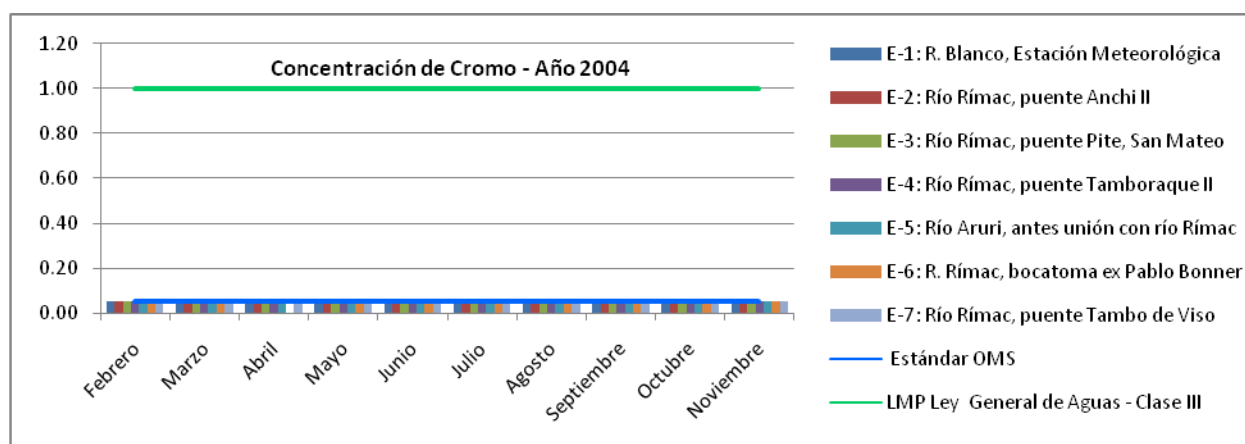


Tabla 113

**Valores Promedios Mensuales de Cromo (mg/L) – Año 2005**

Estación	Ubicación	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,05	0,05	0,05	0,05
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,05	0,05	0,05	0,05
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,05	0,05	0,05	0,05
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,05	0,05	0,05	0,05
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,05	0,05	0,05	0,05
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,05	0,05	0,05	0,05
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,05</b>			
<b>Estándar Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,05</b>			

Gráfica 78

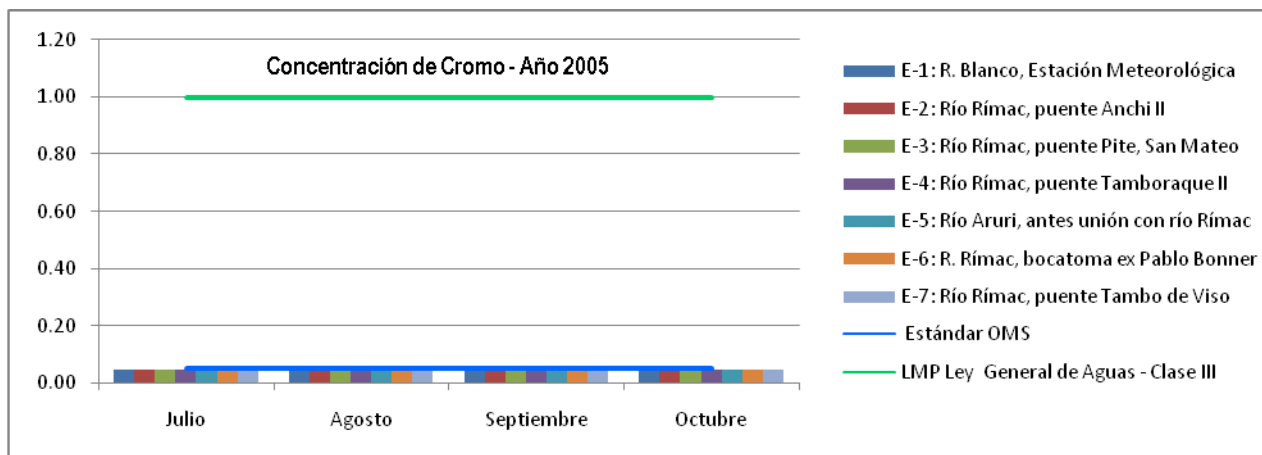


Tabla 114

**Valores Promedios Mensuales de Cromo (mg/L) – Año 2006**

Estación	Ubicación	Feb-06	Mar-06	Abr-06	May-06	Jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,05</b>				
<b>Estándar Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,05</b>				

Gráfica 79

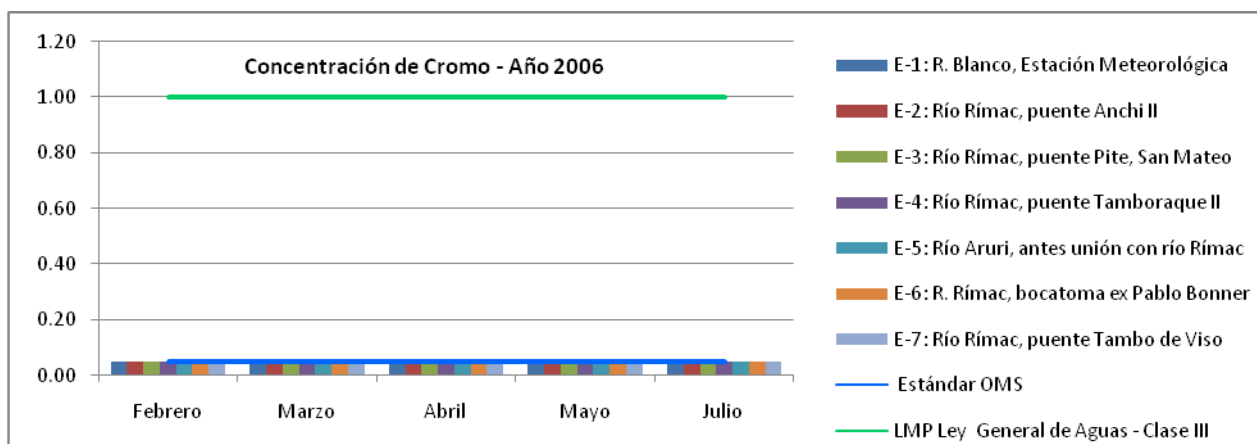


Tabla 115

Valores Promedios Mensuales de Cromo (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,05	0,05	0,05	0,05	--	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,05</b>									
<b>Estándar Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,05</b>									

Gráfica 80

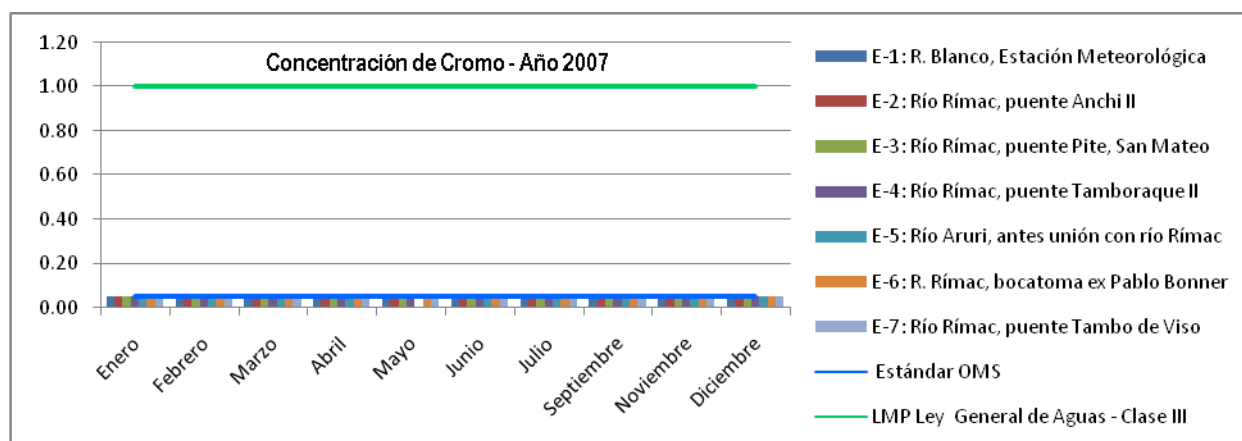
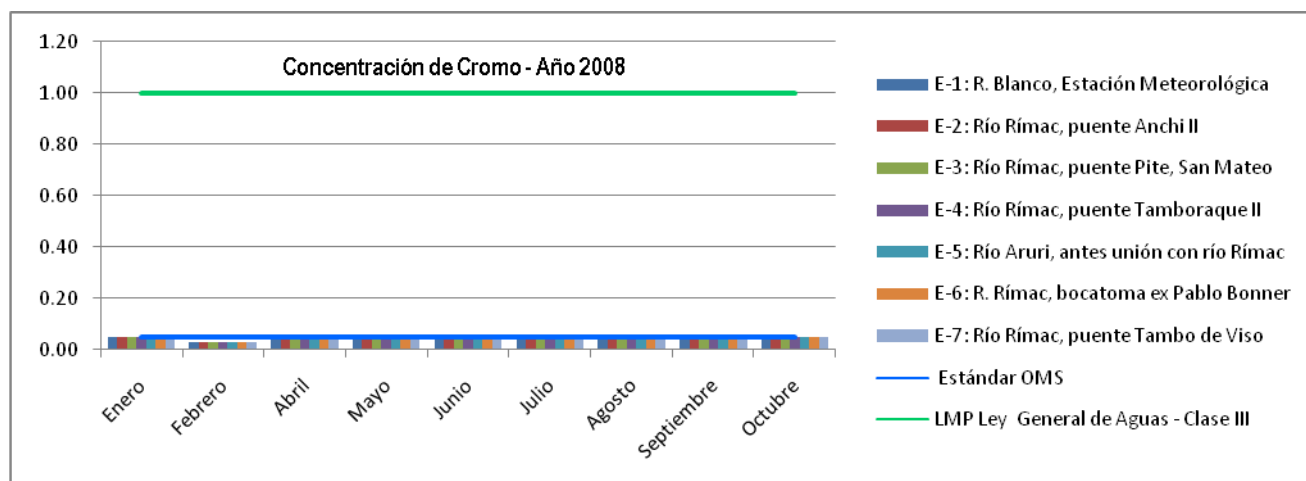


Tabla 116

**Valores Promedios Mensuales de Cromo (mg/L) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>0,05</b>								
<b>Estándar Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,05</b>								

Gráfica 81



### Resultados Obtenidos del Cromo para Uso de Agua Potable

Los valores promedios mensuales de cromo en todas las estaciones de muestreo desde el año 2000 hasta el año 2008 se encuentran por debajo del estándar de la OMS siendo su valor de referencia 0.05 mg/L de cromo.

### Resultados Obtenidos del Cromo para Uso de Riego de vegetales y Bebida de Animales

Igualmente para los usos de riego de vegetales y bebida de animales como se puede apreciar en las tablas y gráficas todos los valores promedios mensuales de cromo se

encuentran por debajo del límite máximo permisible de la clase III de la Ley General de Aguas siendo su valor permitido 1.00 mg/L de cromo.

#### **4.2.9 Zinc**

##### **Análisis del Zinc en función a la Clase II de la Ley General de Aguas para fines de Abastecimiento Doméstico**

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 sugirieron que concentraciones de cinc mayores de 15 mg/l afectarían notablemente a la potabilidad del agua. Las Normas internacionales de 1963 y 1971 mantuvieron este valor como concentración máxima admisible o permisible. La primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, estableció un valor de referencia de 5.0 mg/l para el cinc, basado en consideraciones gustativas. A la luz de estudios recientes realizados en personas, las Guías de 1993 concluyeron que no era necesario calcular un valor de referencia en ese momento ya que las concentraciones detectadas normalmente en el agua de consumo no son peligrosas para la salud; no obstante, el agua de consumo con concentraciones de cinc mayores que 3 mg/l puede resultar inaceptable para los consumidores.<sup>22</sup>

En vista de que en las guías de la OMS no está indicado un valor de referencia para el zinc se va a utilizar como referencia de comparación el límite máximo permisible de la clase II de la Ley General de Aguas que tiene como valor 5 mg/L. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

---

<sup>22</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.373, 374, 395.

Tabla 117  
Valores Promedios Mensuales de Zinc (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,088	0,325	0,038	0,038	0,047	0,075	0,033	0,038	0,098	0,186
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,260	1,238	0,238	0,126	0,304	0,248	0,385	0,263	0,421	0,673
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,625	0,888	0,852	0,993	1,511	0,765	0,802	0,188	0,513	0,979
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,475	1,513	0,948	0,322	0,321	0,217	0,146	0,128	0,068	0,192
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	1,550	1,188	0,232	0,586	0,266	0,242	0,184	0,231	0,218	0,217
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,750	1,338	--	0,900	4,738	0,935	0,484	0,173	0,354	0,928
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	4,575	3,913	2,923	1,013	3,795	1,577	0,563	0,057	0,611	0,561
LMP Ley General de Aguas - Clase II		5									

Gráfica 82

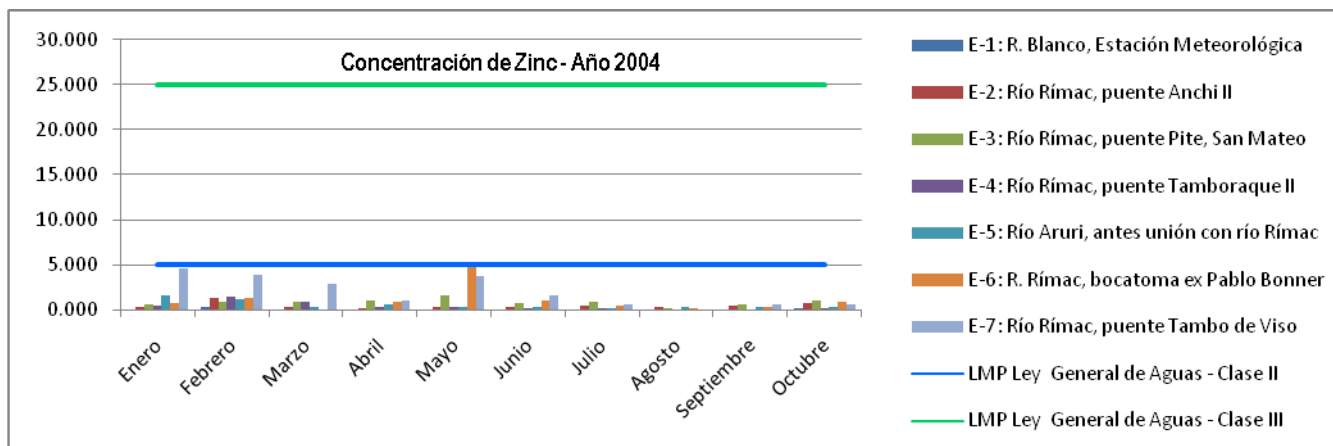


Tabla 118  
Valores Promedios Mensuales de Zinc (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,205	0,041	0,063	0,444	0,038	0,038	0,038	0,038
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,389	0,273	0,350	0,593	0,270	0,253	0,253	0,184
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,788	1,371	1,017	0,585	0,564	0,393	0,393	0,259
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,703	0,807	0,300	0,741	0,123	0,099	0,099	0,089
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,478	0,881	1,067	0,334	0,246	0,288	0,288	0,210
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,635	1,108	1,181	0,787	0,489	0,367	0,340	0,244
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,912	3,315	2,700	2,929	0,690	0,898	0,574	0,372
LMP Ley General de Aguas - Clase II		5							



Gráfica 83

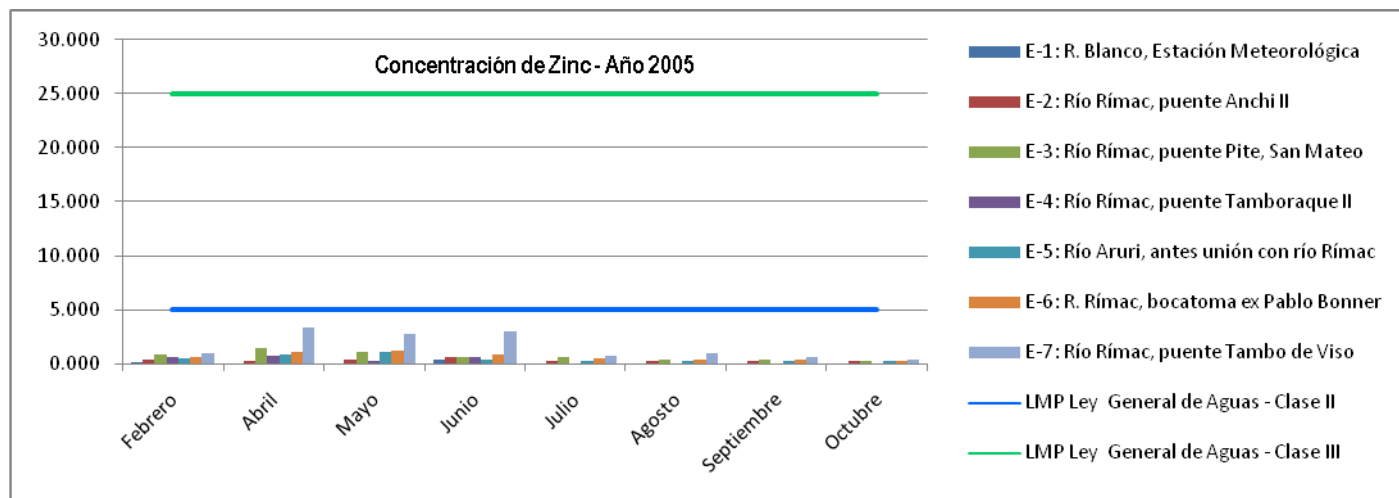


Tabla 119

Valores Promedios Mensuales de Zinc (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,562	0,648	0,551	0,269	0,339
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,319	1,032	1,346	2,460	0,909
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1,239	1,221	1,317	0,323	0,214
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,661	1,198	1,610	1,658	0,773
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1,220	1,038	0,704	2,094	1,156
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,157	1,107	1,858	2,478	1,186
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>5</b>				

Gráfica 84

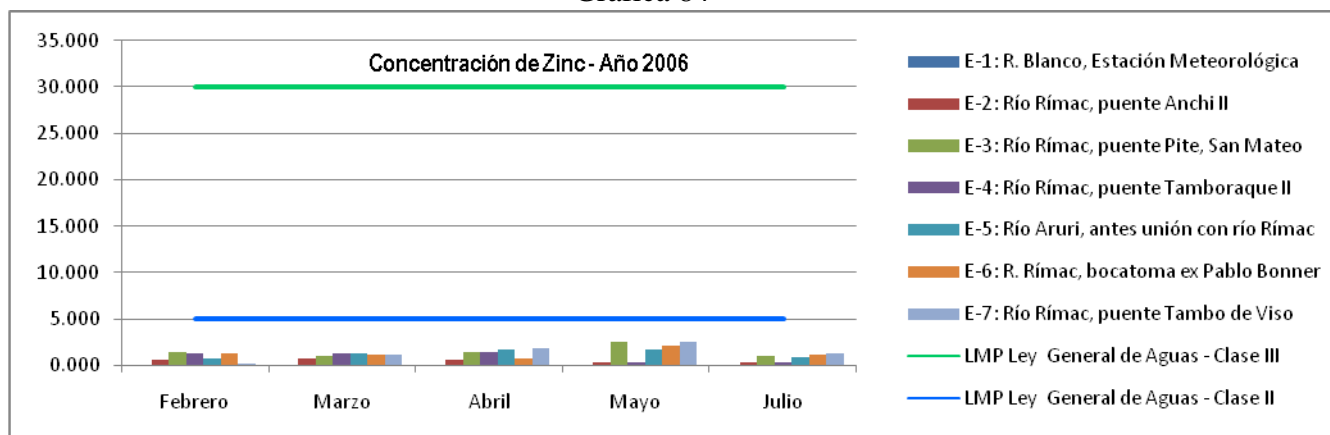


Tabla 120

Valores Promedios Mensuales de Zinc (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,038	0,038	0,038	0,025	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2,339	2,894	1,463	0,313	0,207	0,214	0,341	0,855	0,280	0,216
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,823	0,878	0,673	1,517	1,190	1,171	1,172	0,858	0,789	0,586
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,691	0,670	0,671	1,368	0,757	0,122	0,133	0,808	0,828	0,550
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,666	0,507	0,810	0,789	--	1,096	1,925	0,236	0,223	0,167
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,905	0,698	0,741	1,400	0,906	1,558	1,139	0,784	0,741	0,489
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,857	1,104	0,741	1,004	1,906	1,205	1,179	3,766	1,569	0,525
LMP Ley General de Aguas - Clase II		5									

Gráfica 85

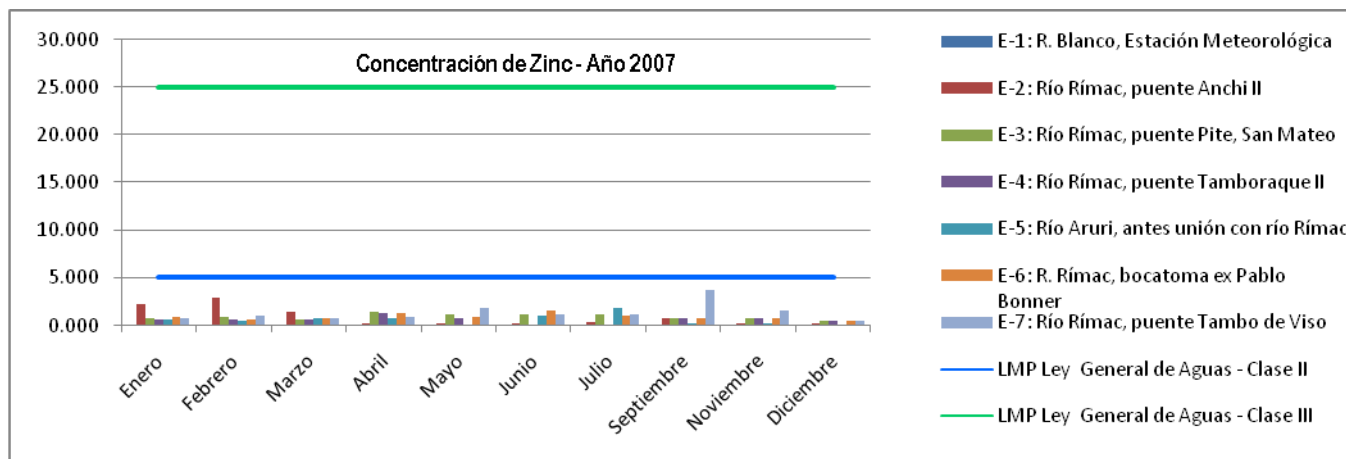
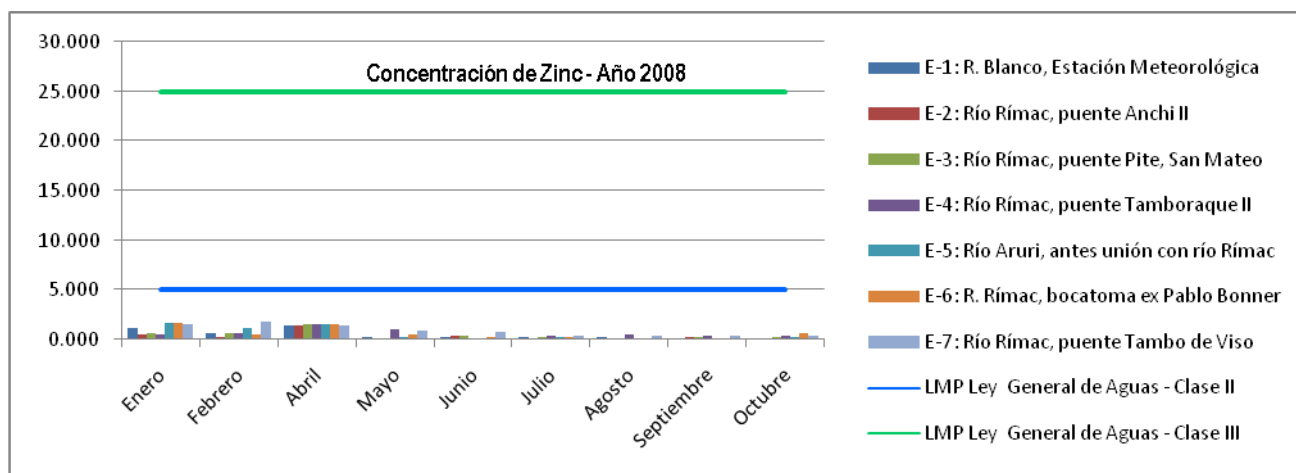


Tabla 121

Valores Promedios Mensuales de Zinc (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	1,103	0,622	1,439	0,221	0,319	0,241	0,253	0,161	0,187
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,577	0,345	1,504	0,038	0,371	0,038	0,038	0,294	0,038
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,585	0,607	1,499	0,175	0,350	0,245	0,183	0,264	0,223
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,570	0,680	1,530	1,090	0,133	0,418	0,544	0,373	0,405
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	1,623	1,110	1,432	0,217	0,123	0,184	0,082	0,061	0,134
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1,670	0,578	1,561	0,542	0,277	0,239	0,173	0,129	0,677
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,546	1,862	1,450	0,865	0,821	0,447	0,445	0,381	0,438
LMP Ley General de Aguas - Clase II		5								

Gráfica 86



### Resultados Obtenidos del Zinc para Uso de la Clase II

Para fines de abastecimiento doméstico el agua no presenta ningún riesgo debido al zinc ya que todos los valores promedios mensuales se encuentran por debajo del límite máximo permisible de la clase II de la Ley General de Aguas.

### Resultados Obtenidos del Zinc para Uso de la Clase III

El agua para fines de riego de vegetales y bebida de animales no presenta ningún riesgo ya que todos los valores promedios mensuales del zinc se encuentran por debajo de 25 mg/L que es el límite máximo permisible de la clase III de la Ley General de Aguas.

#### 4.2.10 Hierro

##### Análisis del Hierro en Función a los Estándares de Canadá para Uso de Agua Potable

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre y está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/L. La OMS no ha propuesto un valor de referencia para el fierro ya que no es peligroso para la salud humana en las concentraciones observadas normalmente en el agua de consumo que es de 2 mg/L;

pero en concentraciones inferiores a este valor se verán afectados el sabor y aspecto del agua.<sup>23</sup>

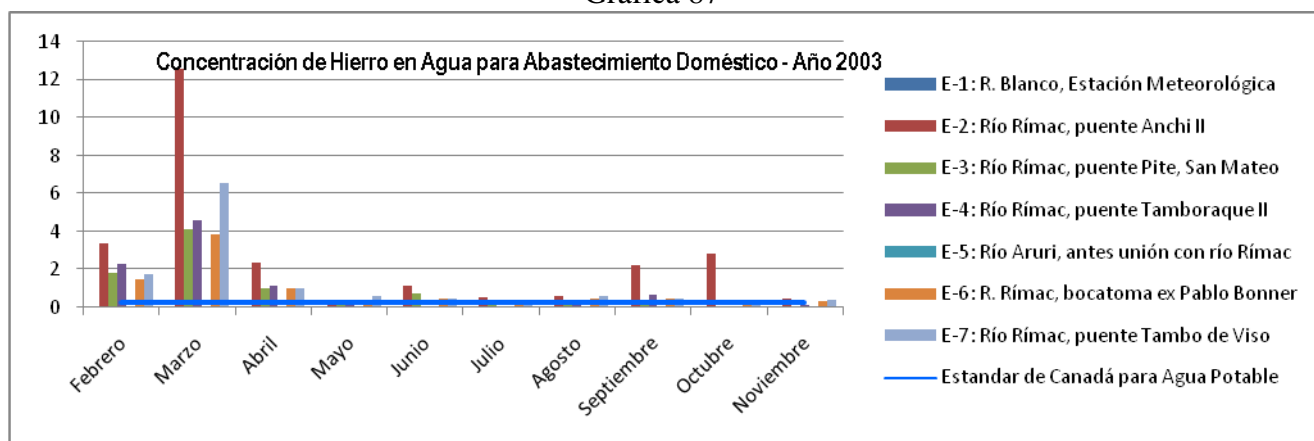
En vista de que la OMS no ha establecido un valor de referencia para el fierro y la Ley General de Aguas no considera al fierro como parámetro de evaluación, el análisis para fines de abastecimiento humano se realizará en función al estándar canadiense del año 2005 que propone un valor referencial de 0.3 mg/L para uso de agua potable. A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 122  
**Valores Promedios Mensuales de Hierro (mg/L) – Año 2003**

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Km 100.	3,400	12,550	2,350	0,400	1,163	0,545	0,588	2,200	2,850	0,458
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, Km 95.	1,800	4,100	1,028	0,233	0,720	0,295	0,435	0,400	0,005	0,038
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, Km 90.5	2,300	4,600	1,160	0,298	0,063	0,055	0,158	0,645	0,055	0,135
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, Km 89.	1,500	3,875	1,013	0,360	0,490	0,290	0,448	0,445	0,413	0,318
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, Km 83.5.	1,725	6,550	1,018	0,595	0,498	0,235	0,613	0,448	0,433	0,395
<b>Estándar de Canadá para Agua Potable</b>		<b>0,3</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 87



<sup>23</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.310.

Tabla 123  
Valores Promedios Mensuales de Hierro (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	12,000	0,466	0,086	0,254	0,183	2,434	0,880	0,471	0,611	2,036
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,538	0,681	0,681	0,378	0,162	0,526	1,317	0,391	0,818	1,059
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,685	1,106	0,300	0,601	0,416	0,368	0,591	0,537	0,791	5,074
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,343	0,939	0,340	0,228	0,169	0,052	0,054	0,066	0,091	0,069
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	3,250	1,124	0,494	0,118	0,512	0,059	0,598	0,186	0,351	0,451
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2,600	0,871		0,274	0,581	0,725	0,598	0,451	0,851	4,385
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	4,075	0,108	1,129	0,254	0,615	0,780	0,242	0,424	0,271	0,689
Estándar de Canadá para Agua Potable		0,3									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 88

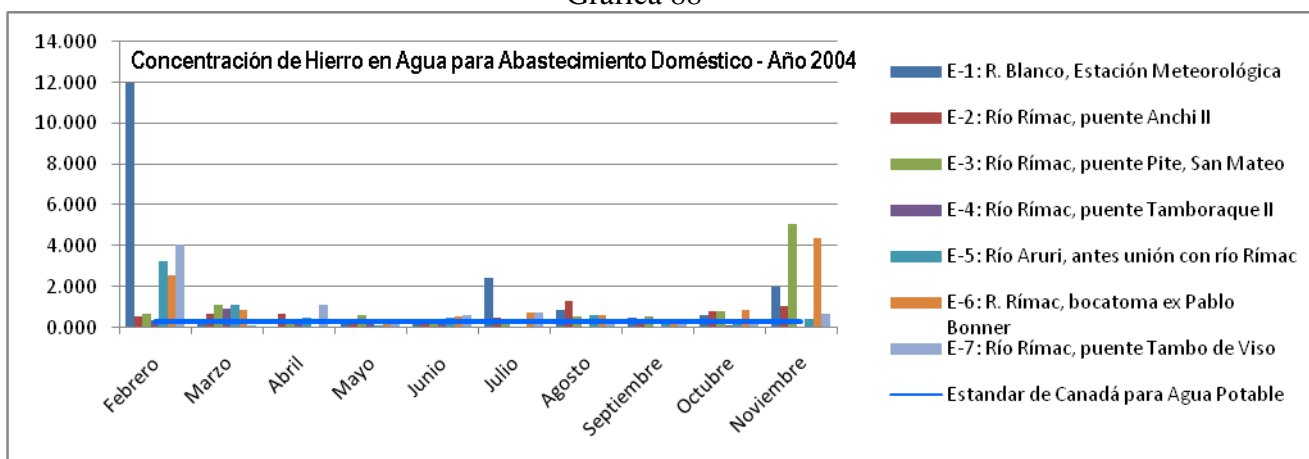


Tabla 124  
Valores Promedios Mensuales de Hierro (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	15,395	0,091	0,772	0,469	0,287	0,174	0,423	0,126
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,293	0,237	0,388	0,604	0,549	0,721	0,538	0,170
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	5,943	0,296	0,330	0,756	0,297	0,309	0,335	0,118
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	7,023	0,135	0,637	0,094	0,048	0,078	0,091	0,050
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	1,217	0,314	0,426	0,215	0,175	0,091	0,087	0,041
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	5,665	0,559	0,764	1,002	0,383	0,301	0,432	0,246
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,135	0,674	0,680	6,048	0,188	0,283	0,200	0,180
Estándar de Canadá para Agua Potable		0,3							

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 89

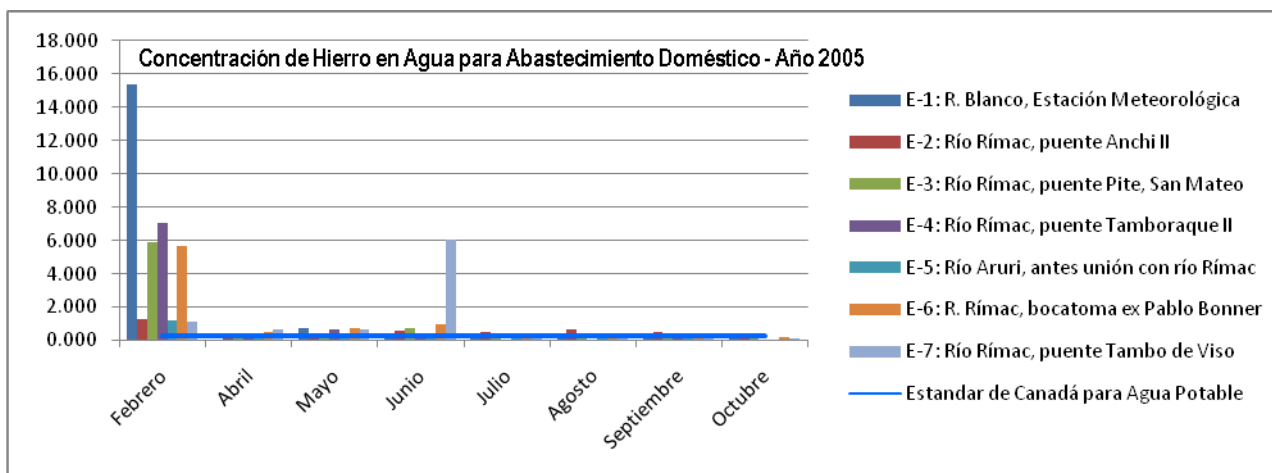


Tabla 125

**Valores Promedios Mensuales de Hierro (mg/L) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,126	0,699	0,090	0,090	0,184
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,595	1,346	1,162	0,253	0,269
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,589	1,158	0,883	0,398	0,301
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,482	1,269	0,748	0,041	0,041
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	1,082	2,615	1,001	0,791	0,316
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,590	1,216	0,407	0,396	0,429
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2,492	2,560	1,050	1,006	0,771
<b>Estandar de Canadá para Agua Potable</b>		<b>0,3</b>				

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 90

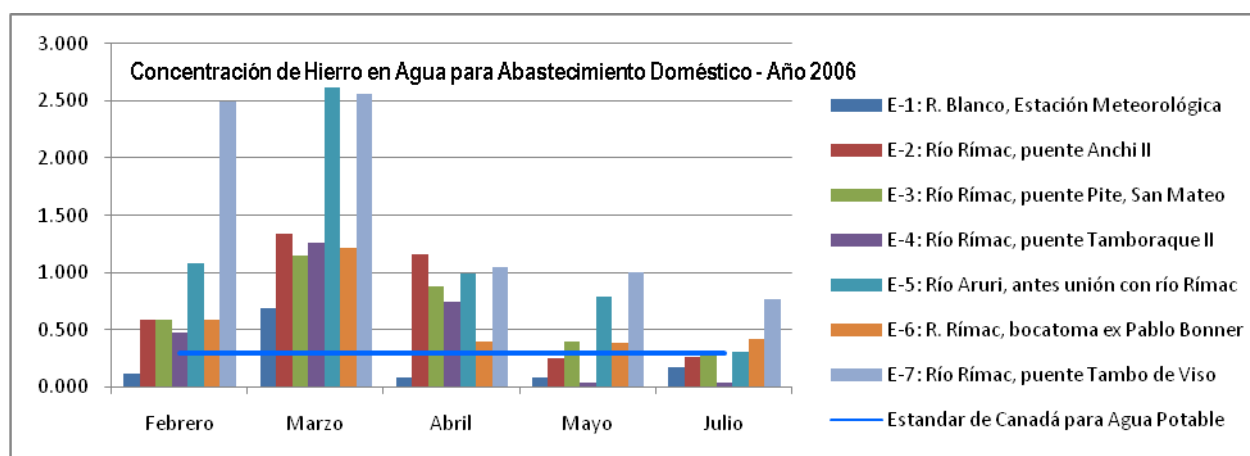


Tabla 126

Valores Promedios Mensuales de Hierro (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,615	0,187	0,294	0,632	0,038	0,097	0,078	0,126	0,104	0,182
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	4,526	0,570	1,412	0,764	0,186	0,304	0,222	1,755	0,519	0,578
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2,013	0,377	0,792	0,619	0,206	0,496	0,234	0,398	0,234	0,456
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1,457	0,450	0,787	0,576	0,178	0,038	0,039	0,446	0,285	0,351
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	1,593	0,617	0,957	1,214		0,491	1,126	0,130	0,646	0,136
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1,807	0,494	0,824	0,719	0,482	0,498	0,328	0,564	0,349	0,364
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,237	0,717	0,835	0,657	0,905	0,614	0,699	14,564	3,582	0,431
Estándar de Canadá para Agua Potable		0,3									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 91

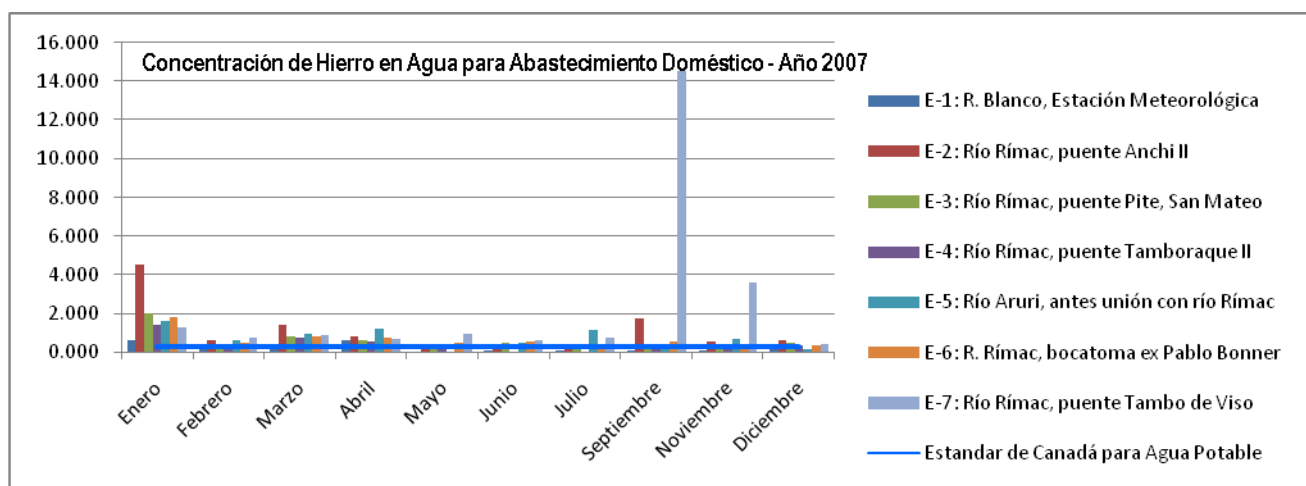
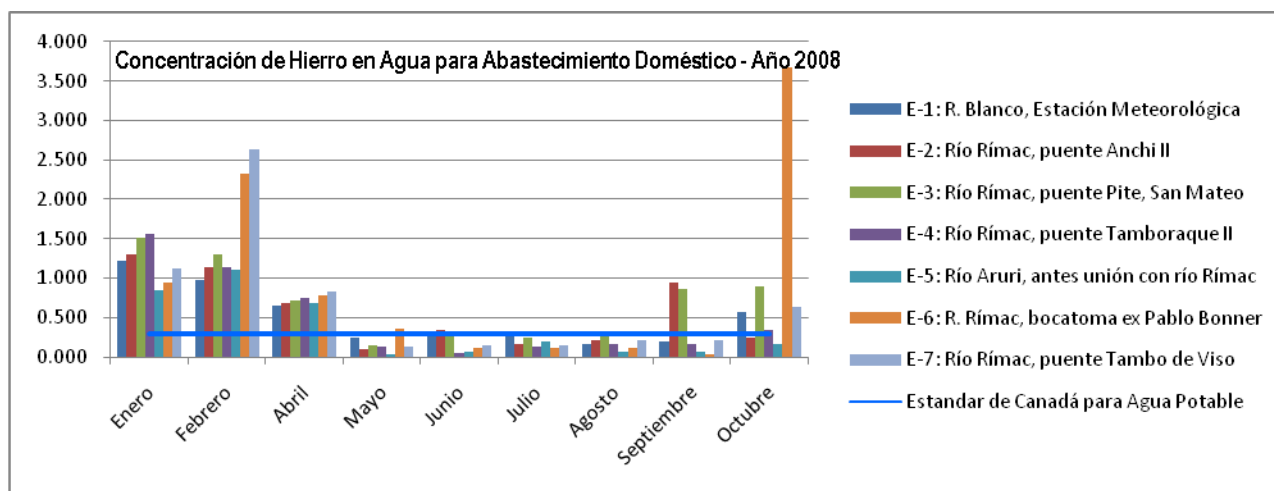


Tabla 127

Valores Promedios Mensuales de Hierro (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	1,227	0,969	0,654	0,246	0,307	0,277	0,156	0,199	0,562
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,296	1,140	0,684	0,103	0,346	0,164	0,204	0,942	0,251
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,514	1,295	0,713	0,139	0,312	0,251	0,283	0,854	0,892
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1,555	1,144	0,750	0,123	0,055	0,134	0,169	0,161	0,336
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,842	1,101	0,687	0,038	0,065	0,203	0,066	0,057	0,157
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,949	2,328	0,777	0,364	0,117	0,112	0,113	0,038	3,674
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,128	2,637	0,827	0,133	0,150	0,142	0,208	0,209	0,630
Estándar de Canadá para Agua Potable		0,3								

Gráfica 92



### Resultados Obtenidos del Fierro para Uso de Agua Potable

- Para el año 2003 de acuerdo al estándar canadiense de tiene los siguientes resultados: Los meses de febrero, marzo y abril presentaron valores promedios por debajo del estándar canadiense en todas las estaciones de muestreo; en el mes de mayo las estaciones E-2, E-6 y E-7 presentaron valores promedios por encima del estándar fijado; en junio todos los valores promedios exceden el valor estándar de 0.3 mg/L; en julio las estaciones E-3 y E-4 presentaron valores promedios que superan el ECA; en agosto y septiembre todas estaciones reportaron promedios por encima de 0.3 mg/L; en octubre las estaciones E-2, E-6 y E-7 tuvieron valores promedios por encima del estándar y en noviembre solo la estación E-2 obtuvo un promedio mensual mayor al valor de referencia. Cabe mencionar que para este año en el mes de marzo en la estación E-2 (Río Rímac, Puente Anchi) se registró el valor más alto que excede en gran medida el estándar de referencia presentando un valor promedio de 12, 550 mg/L de fierro.
- El año 2004 tuvo diversas variaciones a lo largo del año en todas las estaciones de muestreo con concentraciones que aumentan y disminuían o viceversa entre los meses de febrero a octubre; pero al finalizar el año de siete estaciones muestreadas



seis obtuvieron valores promedios que excedieron el estándar canadiense es decir con concentraciones mayores a 0.3 mg/L de fierro. Para este año el mayor valor se presentó en el mes de febrero en la estación E-1 (Río Blanco, Estación Meteorológica) con una concentración de 12.00 mg/L de fierro.

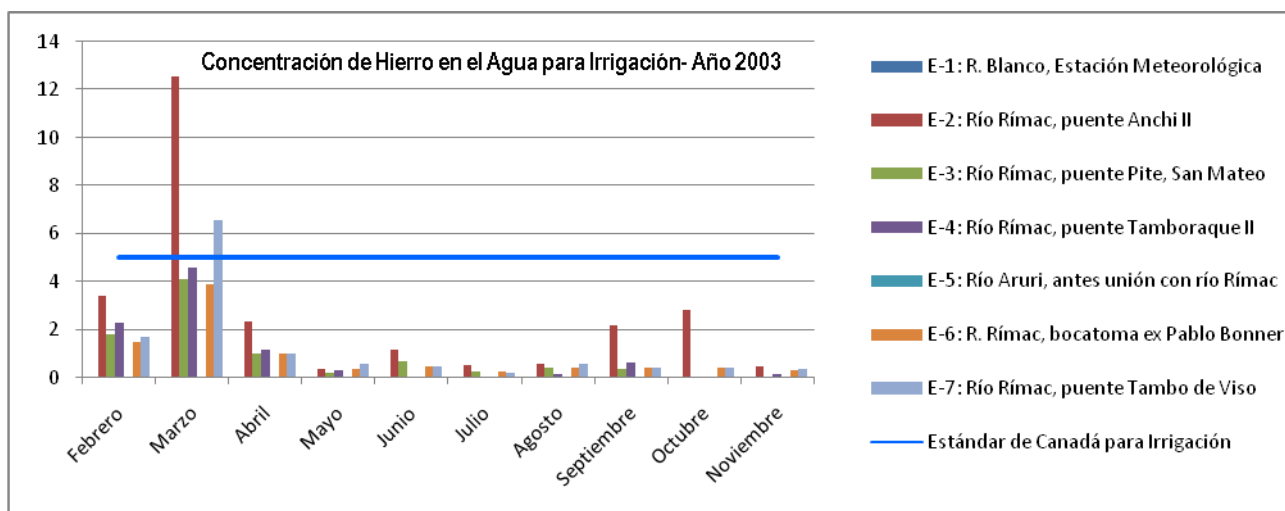
- A inicios del año 2005 en el mes de febrero todas las estaciones muestreadas tuvieron valores promedios por encima del estándar canadiense, pero al finalizar el año todos estos valores disminuyeron logrando estar por debajo del ECA permitido.
- El año 2006 presentó concentraciones promedios que excedían el estándar entre los meses de febrero a abril, pero luego en los meses de mayo y julio este comportamiento mejoró ya que solo dos estaciones de siete muestreadas presentaron promedios mensuales por encima del estándar fijado en comparación a los primeros meses que de siete estaciones de muestreo seis presentaban concentraciones superiores al valor de referencia.
- En el año 2007 entre los meses de enero a abril las estaciones de muestreo tuvieron valores promedios mensuales que en su mayoría excedían el estándar canadiense; entre los meses de mayo a diciembre se observó una mejora ya que la mayoría de estaciones presentó valores promedios que cumplían con el estándar de referencia.
- En el año 2008 en los meses de enero, febrero y abril los promedios mensuales excedían el estándar en todas las estaciones de muestreo; luego entre los meses de mayo a agosto se observa un comportamiento inverso ya que todos los promedios mensuales alcanzaron valores inferiores al estándar de referencia y finalmente en los meses de septiembre y octubre se observó una pequeña variación ya que de siete estaciones muestreadas dos excedieron el ECA para el mes septiembre y cuatro para el mes de octubre.

### Análisis del Fierro en función al Estándar Canadiense para Fines de Irrigación

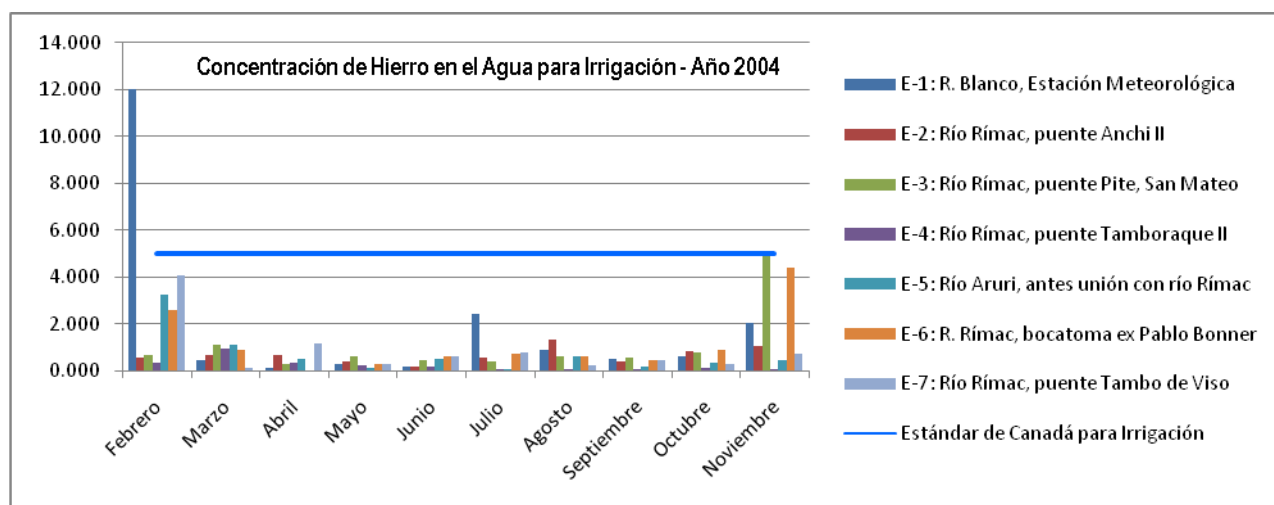
En vista de que la Ley General de Aguas no incluye al fierro como parámetro de evaluación, se ha tomado como referencia el estándar canadiense para fines de irrigación el cual establece un valor de 5 mg/L.

Las graficas que se presentan a continuación permiten visualizar si los valores promedios mensuales cumplen con el estándar de referencia.

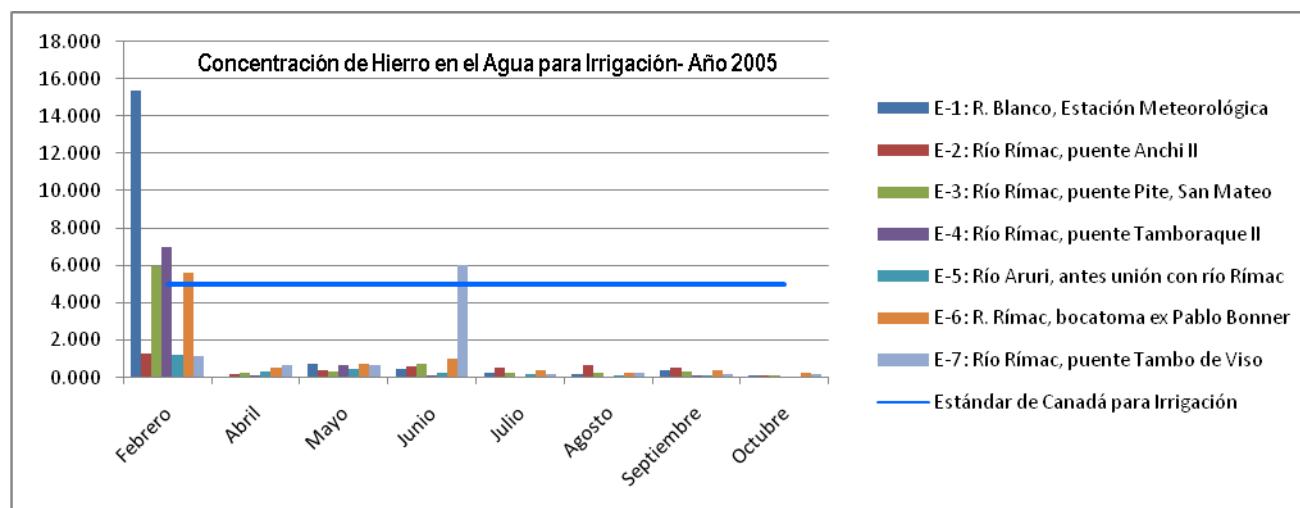
Gráfica 93



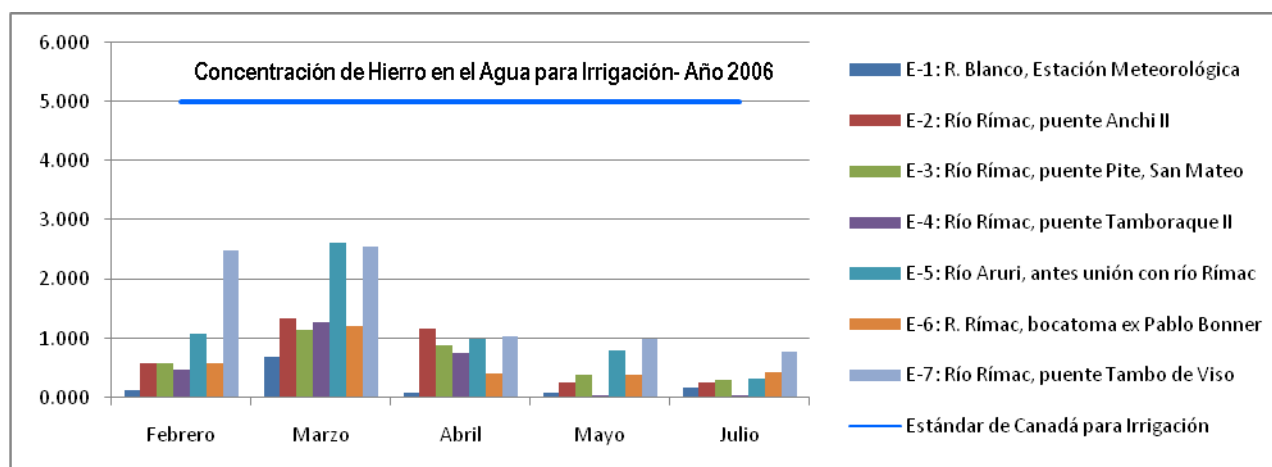
Gráfica 94



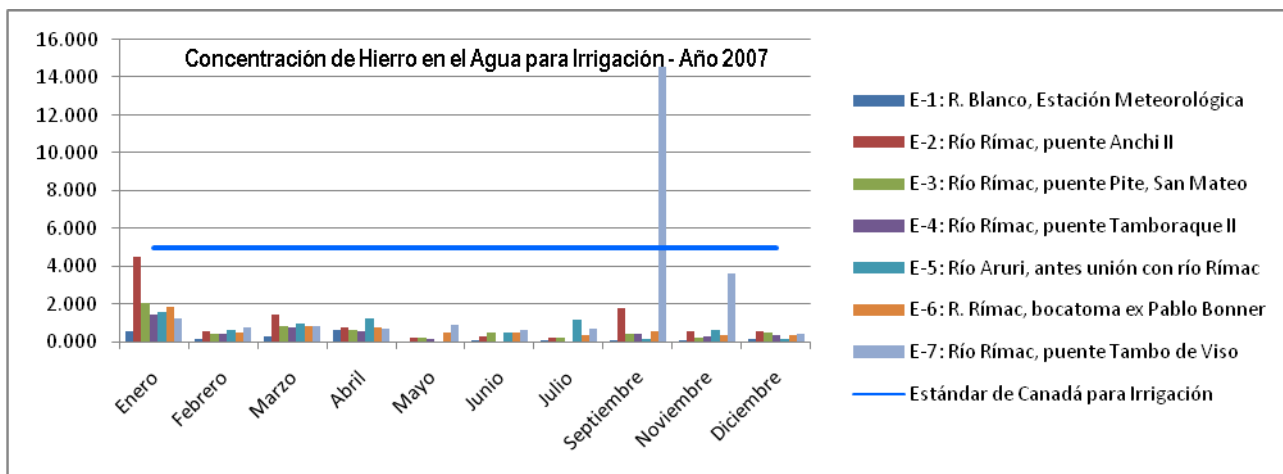
Gráfica 95



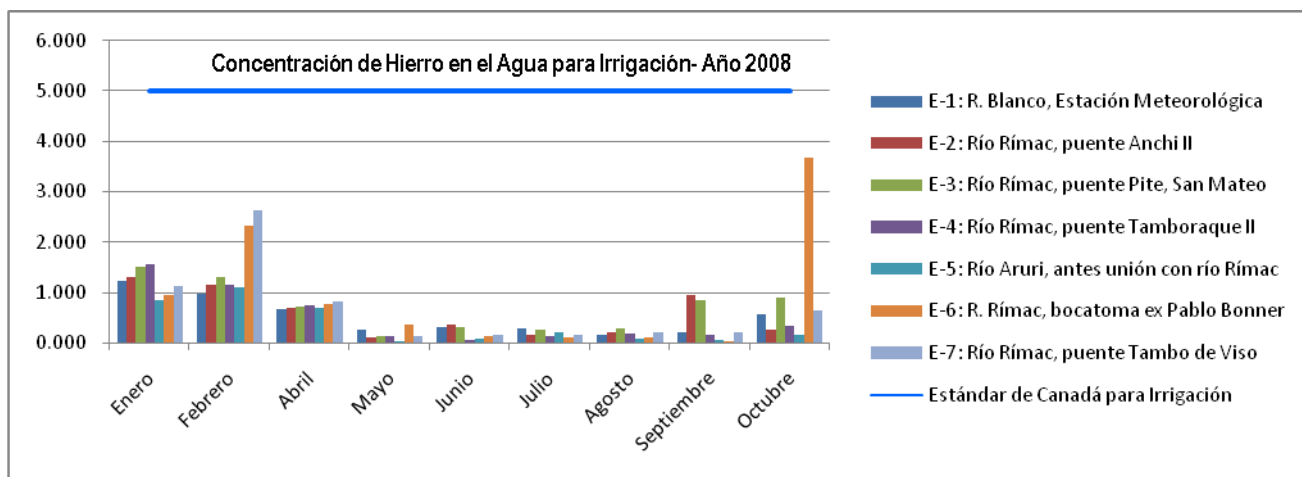
Gráfica 96



Gráfica 97



Gráfica 98



### Resultados Obtenidos del Fierro para Uso de Irrigación

- Como se observa en las gráficas, para el año 2003 todos los valores promedios mensuales cumplen con el estándar canadiense presentando valores por debajo de 5 mg/L; solo en el mes de marzo en las estaciones E-2 y E-7 se registraron promedios por encima del estándar de referencia con valores de 12.550 y 6.550 mg/L de fierro respectivamente.
- En el año 2004 solo en el mes de febrero en la estación E-1 se registró un promedio de 12.00 mg/L de fierro valor que excede el ECA; en todos los demás meses las concentraciones estuvieron por debajo del ECA.

- En el año 2005 para el mes de febrero las estaciones E-1, E-3, E- 4 y E-6 tuvieron promedios mensuales por encima del ECA; en los meses de abril y mayo todos los promedios mensuales cumplieron con el ECA; en junio solo la estación E-7 excedió el valor de referencia; en todos los demás meses los valores promedios se encontraron por debajo de 5 mg/L que es el valor de referencia.
- En el año 2006 todos los valores promedios cumplieron con el estándar canadiense en todas las estaciones de muestreo.
- En el año 2007 en el mes de septiembre solo en la estación E-7 se excedió el valor permitido con una concentración de 14.564 mg/L de fierro.
- Para el año 2008 todos los valores cumplieron con el estándar de referencia.

#### **4.2.11 Manganeseo**

##### **Análisis del Manganeseo en Función a los Estándares de la Organización Mundial de la Salud para Uso de Agua Potable**

El manganeseo es un elemento esencial para el ser humano y otros animales. Tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos. Se sabe que el manganeseo produce efectos neurológicos tras la exposición por inhalación, especialmente de tipo laboral, y hay estudios epidemiológicos que han notificado efectos neurológicos adversos tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas en el agua de consumo.

##### ***Antecedentes de la determinación del valor de referencia***

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 sugirieron que concentraciones de manganeseo superiores a 0,5 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua. Las Normas internacionales de 1963 y 1971 conservaron este valor como concentración máxima admisible o permisible. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se estableció un valor de referencia de 0,1 mg/l para el manganeseo basado en sus propiedades colorantes. Las Guías de 1993 concluyeron que, a pesar de que ningún estudio es adecuado por sí solo para el cálculo de un valor de referencia, el conjunto de las pruebas de estudios de la

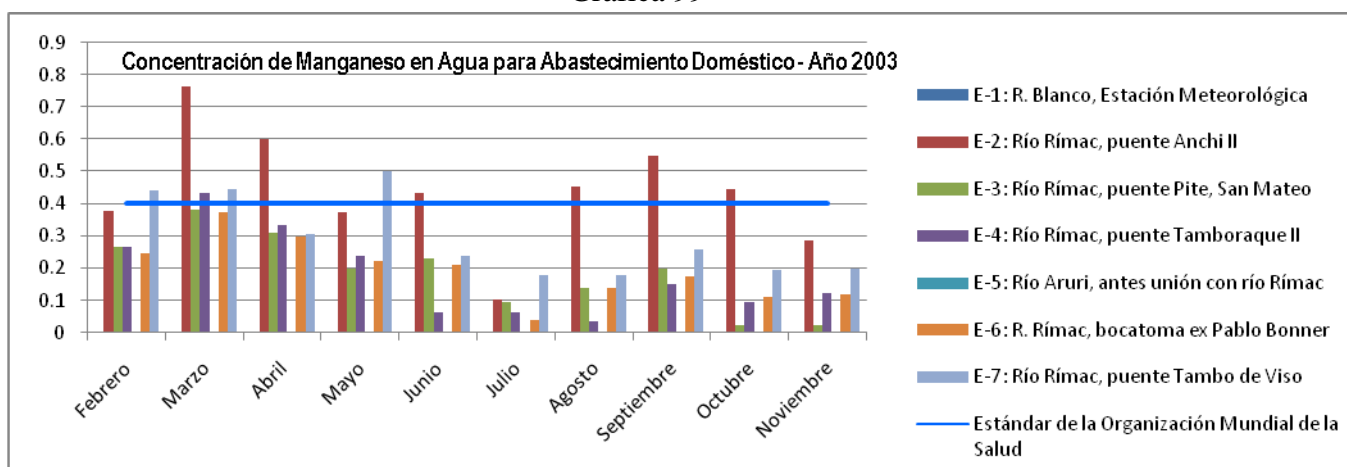
ingesta diaria real y de toxicidad en animales de laboratorio a los que se suministró manganeso en el agua de bebida, un valor de referencia provisional basado en efectos sobre la salud de 0,5 mg/L debería ser adecuado para proteger la salud pública.<sup>24</sup> Se presenta a continuación los valores promedios mensuales obtenidos para el manganeso en cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 128  
**Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2003**

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,378	<b>0,763</b>	<b>0,600</b>	0,375	0,433	0,105	0,455	<b>0,550</b>	0,448	0,288
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,265	0,383	0,310	0,198	0,230	0,095	0,138	0,198	0,025	0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,265	0,433	0,335	0,240	0,065	0,065	0,035	0,150	0,096	0,123
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,248	0,375	0,300	0,223	0,213	0,040	0,140	0,175	0,113	0,118
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,443	0,448	0,305	<b>0,503</b>	0,240	0,180	0,180	0,258	0,195	0,200
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,4</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 99



<sup>24</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.316.

Tabla 129  
Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	1,200	0,025	0,025	0,051	0,029	0,115	3,175	0,075	0,301	0,090
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,320	0,155	0,328	0,287	0,481	0,398	1,488	0,379	0,435	0,484
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,140	0,410	0,129	0,148	0,189	0,184	0,181	0,355	0,174	0,434
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,115	0,198	0,199	0,148	0,148	0,115	0,062	0,126	0,188	0,198
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,600	0,180	0,244	0,184	0,103	0,059	<0.025	0,117	0,037	0,052
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,265	0,218	--	0,145	0,460	0,181	0,171	0,171	0,167	0,379
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,050	0,475	0,682	0,312	0,365	0,374	0,199	0,301	0,184	0,416
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,4</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 100

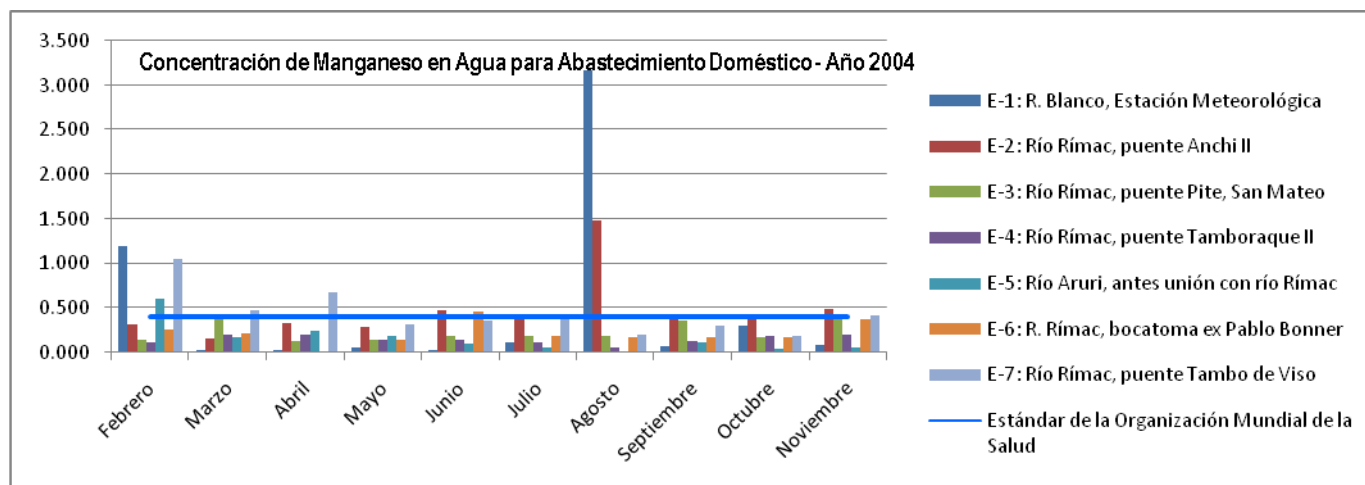


Tabla 130  
Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,337	0,025	0,074	0,375	0,025	0,027	0,040	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,323	0,253	0,185	0,377	0,344	0,405	0,253	0,189
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,251	0,172	0,125	0,158	0,119	0,120	0,085	0,055
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,249	0,123	0,033	0,044	0,030	0,056	0,068	0,061
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,184	0,162	0,193	0,074	0,025	0,047	0,098	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,227	0,252	0,192	0,168	0,124	0,121	0,089	0,064
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,266	0,187	0,473	0,310	0,279	0,230	0,123	0,118
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,4</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 101

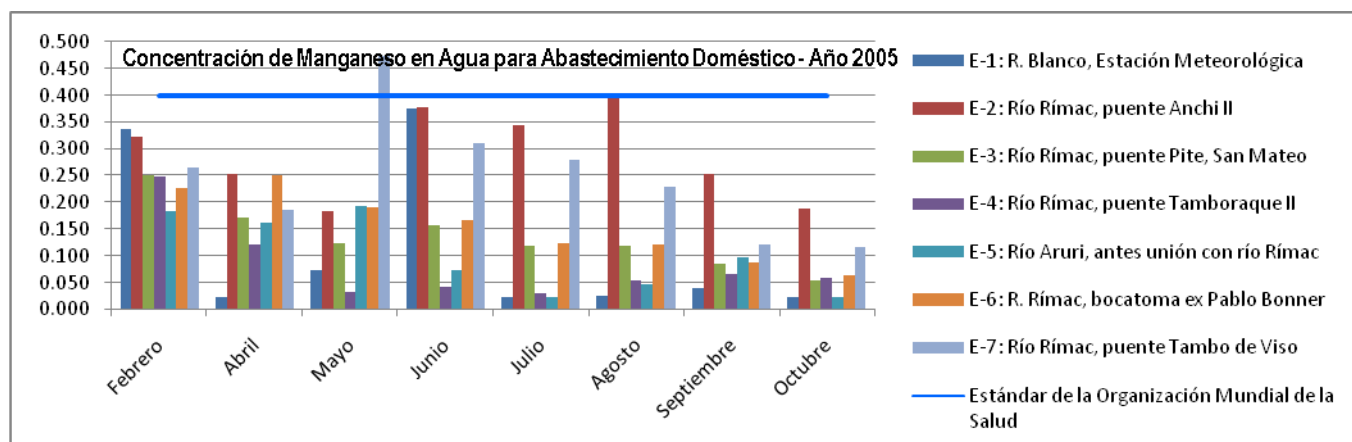


Tabla 131

Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,025	0,041	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,361	0,390	0,293	0,210	0,207
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,207	0,235	0,446	0,271	0,179
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,188	0,251	0,235	0,069	0,041
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,283	0,313	0,351	0,309	0,164
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,210	0,245	0,054	0,319	0,184
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,906	0,300	0,366	0,395	0,381
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,4				

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 102

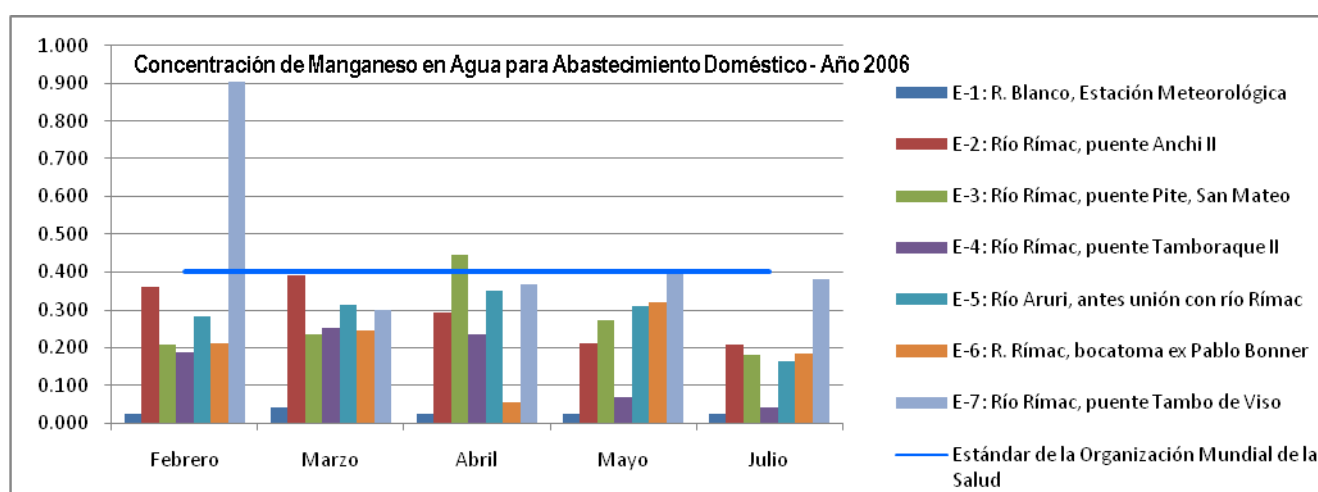




Tabla 132

Valores Promedios Mensuales de Manganeseo (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,026	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,914	0,806	0,722	0,259	0,181	0,184	0,611	0,714	0,474	0,377
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,279	0,196	0,235	0,240	0,188	0,179	0,230	0,208	0,123	0,141
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,263	0,191	0,223	0,234	0,156	0,031	0,025	0,202	0,128	0,122
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,175	0,214	0,236	0,259	--	0,169	0,365	0,025	0,041	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,273	0,205	0,223	0,719	0,194	0,318	0,229	0,192	0,115	0,114
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,260	0,327	0,246	0,657	0,407	0,222	0,226	0,407	0,397	0,131
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,4									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 103

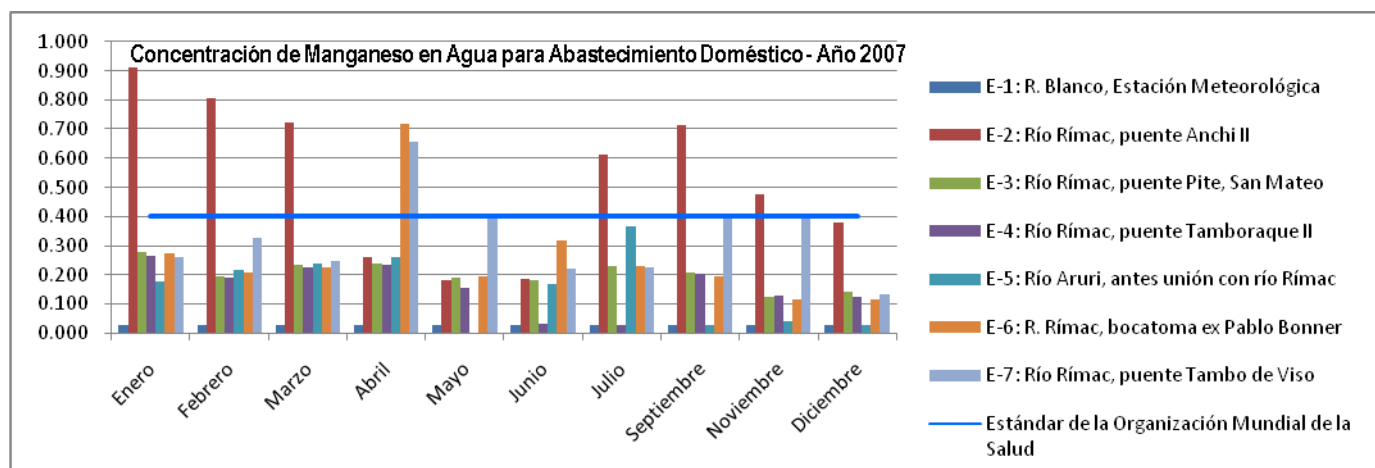


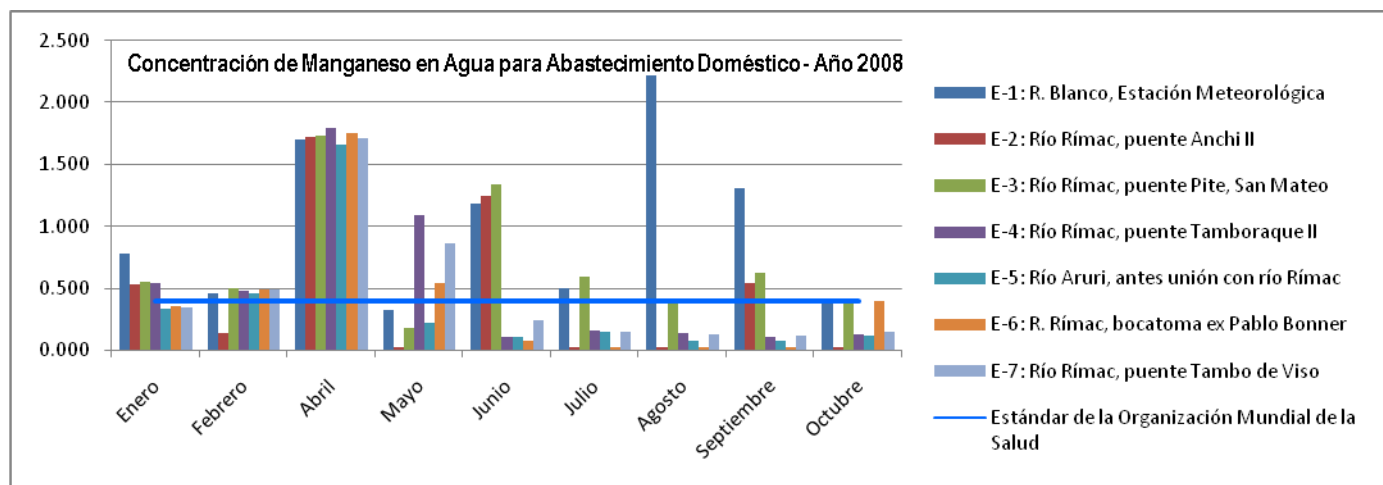
Tabla 133

Valores Promedios Mensuales de Manganeseo (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,778	0,460	1,705	0,321	1,180	0,500	2,220	1,307	0,410
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,524	0,135	1,718	0,025	1,250	0,025	0,025	0,539	0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,546	0,495	1,736	0,175	1,340	0,594	0,393	0,627	0,403
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,538	0,473	1,791	1,090	0,107	0,152	0,139	0,103	0,127
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,337	0,457	1,657	0,217	0,099	0,142	0,074	0,072	0,115
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,349	0,485	1,752	0,542	0,069	0,024	0,025	0,025	0,393
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,340	0,490	1,711	0,865	0,237	0,146	0,128	0,113	0,142
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,4								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 104



### Resultados Obtenidos del Manganeso para Uso de Agua Potable

De acuerdo a la comparación realizada entre los valores promedios mensuales del manganeso y el estándar de la OMS para el uso del agua con fines de abastecimiento doméstico se tienen los siguientes resultados.

- Para el año 2003 en el mes de febrero todos los promedios mensuales se encontraron en concentraciones por debajo del estándar de la OMS; en el mes de marzo solo la estación E-2 presentó un promedio mensual por encima del estándar de referencia que es de 0.4 mg/L; en el mes de abril todas las estaciones de muestreo presentaron valores por debajo del estándar permisible excepto la estación E-2; en mayo solo la estación E-7 presentó un promedio por encima del estándar referencial; en los meses de junio, julio y agosto todas las estaciones presentaron promedios por debajo del estándar de referencia; en septiembre todas las estaciones cumplieron con el estándar excepto las estación E-2; en octubre y noviembre todas las estaciones presentaron promedios mensuales por debajo del estándar de la OMS. En el mes de marzo la estación E-2 presentó el promedio más alto que excedió el estándar referencial con un valor de 0.763 mg/L siendo el valor permitido 0.4 mg/L.
- En el año 2004 en el mes de febrero las estaciones E-1, E-5 y E-7 presentaron promedios mensuales por encima del estándar de la OMS; en marzo todas las estaciones tuvieron promedios por debajo del estándar de referencia; en abril solo la

estación E-7 excedió el valor permisible; en los meses de mayo, junio y julio todas las estaciones tuvieron promedios que cumplían el estándar de la OMS; en agosto las estaciones E-1 y E-2 excedieron el valor permisible; en los meses de septiembre, octubre y noviembre todas las estaciones tuvieron promedios mensuales por debajo del estándar referencial. En el mes de agosto se registró en la estación E-1 el valor más alto que excedió los 0.4 mg/L con una concentración de 3.175 mg/L de manganeso.

- En el año 2005 todas las estaciones tuvieron promedios por debajo del estándar referencial; solo en el mes de mayo en la estación E-7 se obtuvo un valor por encima del estándar de la OMS.
- En el año 2006 en el mes de febrero solo la estación E-7 tuvo un promedio por encima del estándar de referencia; en marzo todas las estaciones presentaron promedios por debajo del valor permisible; en abril solo la estación E-3 excedió el valor permitido, las demás estaciones cumplieron con el valor de referencia; en mayo y julio todas las estaciones tuvieron promedios mensuales por debajo de 0.4 mg/L que es el valor permitido.
- En el año 2007 en los meses de enero, febrero y marzo se obtuvieron promedios mensuales por debajo del estándar referencial en todas las estaciones de muestreo excepto en la estación E-2 que excedió el valor permitido durante estos tres meses con concentraciones de 0.914, 0.806 y 0.722 mg/L respectivamente; en abril las estaciones E-6 y E7 tuvieron promedios por encima del estándar, las demás estaciones cumplieron con el valor de referencia; en mayo y junio todas las estaciones tuvieron promedios por debajo del valor permisible; en julio y septiembre la estación E-2 excedió el valor permitido, las demás estaciones tuvieron promedios por debajo del estándar; al finalizar el año en los meses de noviembre y diciembre se logró obtener concentraciones promedios por debajo del valor referencial.
- En el año 2008 se obtuvo un comportamiento variado a lo largo de todo el año ya que en el mes de enero cuatro estaciones tuvieron promedios por encima del estándar de referencia de siete estaciones de muestreo, luego en el mes de febrero este comportamiento varió ya que todas las estaciones presentaron concentraciones

por debajo del estándar de referencia; en el mes de abril todos los valores promedios obtenidos excedieron el valor permitido en todas las estaciones de muestreo; estos cambios fueron permanentes entre los meses de mayo a septiembre; pero al finalizar el año en el mes de diciembre todas las estaciones lograron obtener promedios por debajo del estándar de la OMS.

### **Análisis del Manganeso en función al Estándar de Canadá para Fines de Irrigación**

El análisis de la calidad del agua para fines de irrigación se realizará en función al estándar canadiense del año 1999 que fija un valor de referencia de 0.2 mg/L de manganeso para este uso. A continuación se presentan los valores promedios obtenidos en cada estación de muestreo del área de estudio los cuales serán comparados con el estándar mencionado para determinar si el agua es apta para los fines de riego de vegetales.

Tabla 134

#### **Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2003**

Estación	Ubicación	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,378	0,763	0,600	0,375	0,433	0,105	0,455	0,550	0,448	0,288
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,265	0,383	0,310	0,198	0,230	0,095	0,138	0,198	0,025	0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,265	0,433	0,335	0,240	0,065	0,065	0,035	0,150	0,096	0,123
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,248	0,375	0,300	0,223	0,213	0,040	0,140	0,175	0,113	0,118
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,443	0,448	0,305	0,503	0,240	0,180	0,180	0,258	0,195	0,200
<b>Estándar de Canadá para Irrigación</b>		<b>0,2</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 105

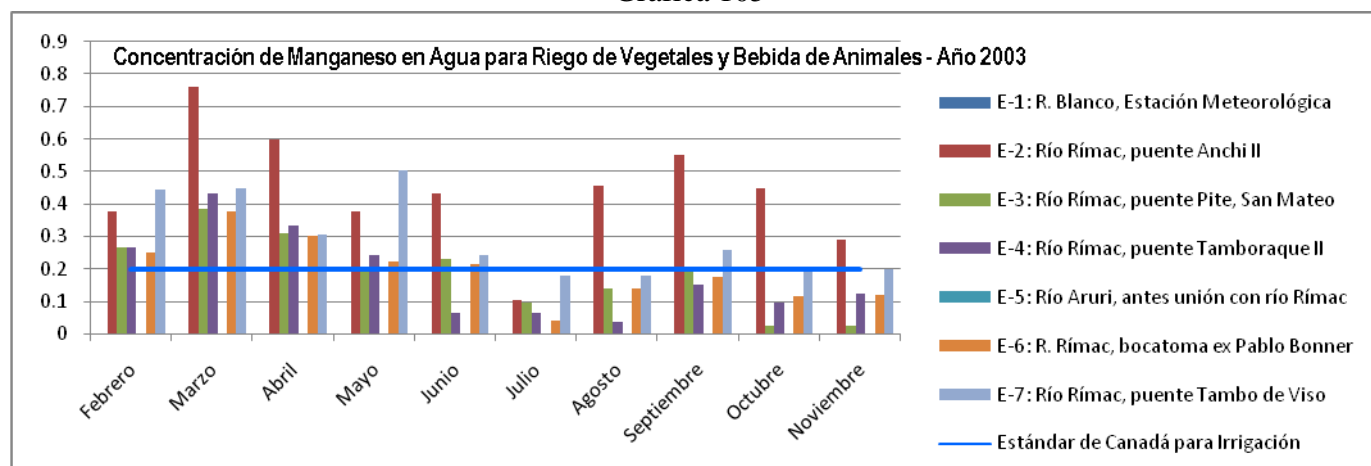


Tabla 135

Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2004

Estación	Ubicación	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	1,200	0,025	0,025	0,051	0,029	0,115	3,175	0,075	0,301	0,090
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,320	0,155	0,328	0,287	0,481	0,398	1,488	0,379	0,435	0,484
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,140	0,410	0,129	0,148	0,189	0,184	0,181	0,355	0,174	0,434
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,115	0,198	0,199	0,148	0,148	0,115	0,062	0,126	0,188	0,198
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,600	0,180	0,244	0,184	0,103	0,059	<0.025	0,117	0,037	0,052
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,265	0,218	--	0,145	0,460	0,181	0,171	0,171	0,167	0,379
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,050	0,475	0,682	0,312	0,365	0,374	0,199	0,301	0,184	0,416
Estándar de Canadá para Irrigación		0,2									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 106

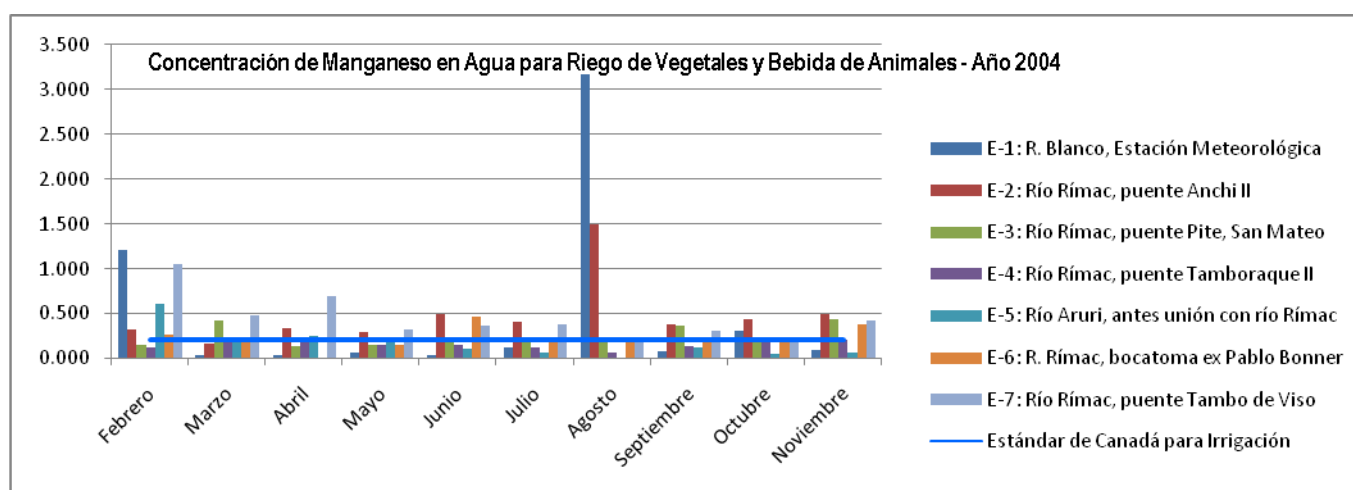


Tabla 136

Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,337	0,025	0,074	0,375	0,025	0,027	0,040	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,323	0,253	0,185	0,377	0,344	0,405	0,253	0,189
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,251	0,172	0,125	0,158	0,119	0,120	0,085	0,055
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,249	0,123	0,033	0,044	0,030	0,056	0,068	0,061
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,184	0,162	0,193	0,074	0,025	0,047	0,098	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,227	0,252	0,192	0,168	0,124	0,121	0,089	0,064
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,266	0,187	0,473	0,310	0,279	0,230	0,123	0,118
Estándar de Canadá para Irrigación		0,2							

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 107

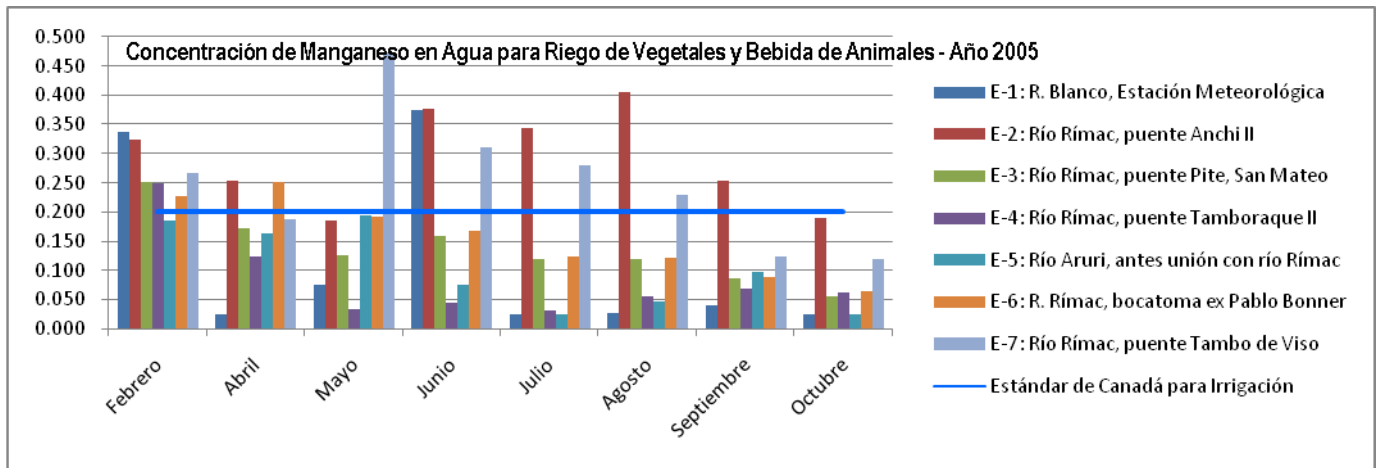


Tabla 137

Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jun-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,025	0,041	0,025	0,025	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,361	0,390	0,293	0,210	0,207
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,207	0,235	0,446	0,271	0,179
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,188	0,251	0,235	0,069	0,041
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,283	0,313	0,351	0,309	0,164
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,210	0,245	0,054	0,319	0,184
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,906	0,300	0,366	0,395	0,381
Estándar de Canadá para Irrigación		0,2				

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 108

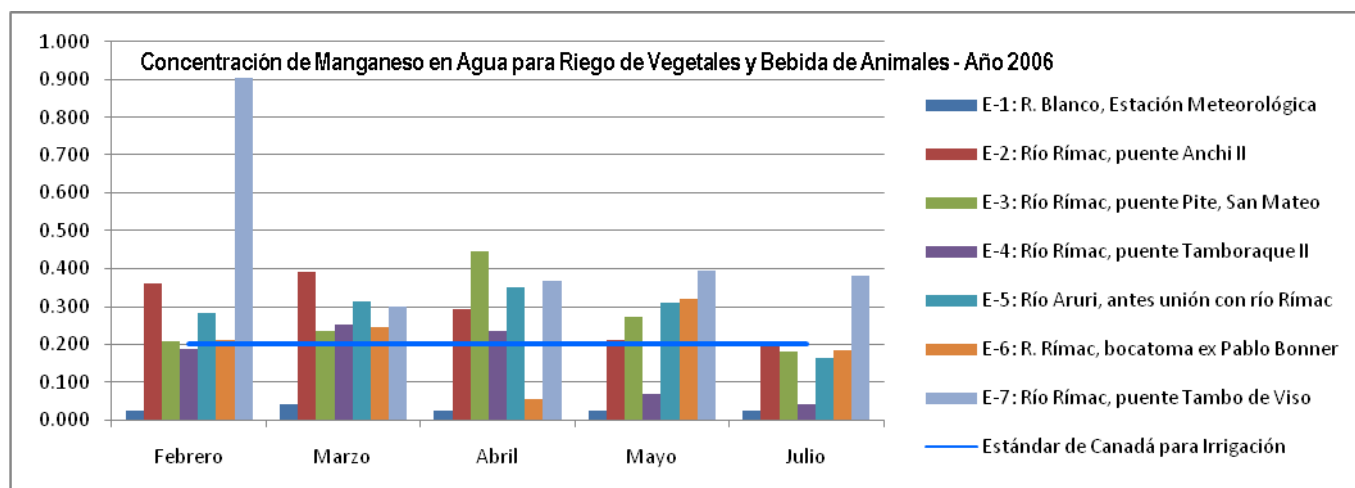


Tabla 138

Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,026	0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,914	0,806	0,722	0,259	0,181	0,184	0,611	0,714	0,474	0,377
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,279	0,196	0,235	0,240	0,188	0,179	0,230	0,208	0,123	0,141
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,263	0,191	0,223	0,234	0,156	0,031	0,025	0,202	0,128	0,122
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,175	0,214	0,236	0,259	--	0,169	0,365	0,025	0,041	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,273	0,205	0,223	0,719	0,194	0,318	0,229	0,192	0,115	0,114
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,260	0,327	0,246	0,657	0,407	0,222	0,226	0,407	0,397	0,131
Estándar de Canadá para Irrigación		0,2									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 109

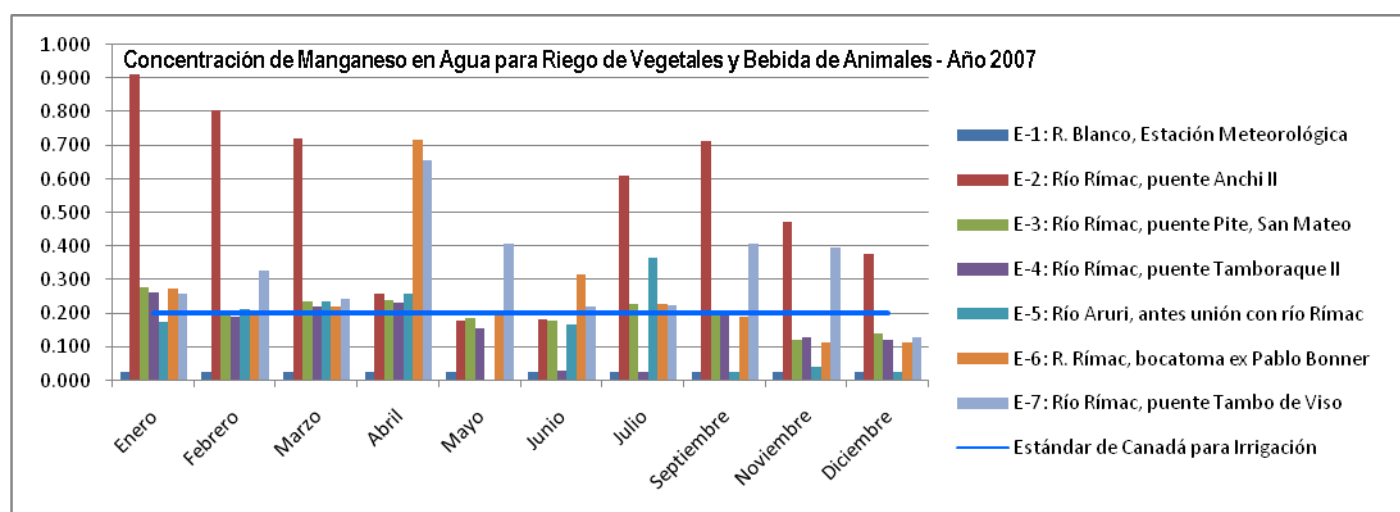


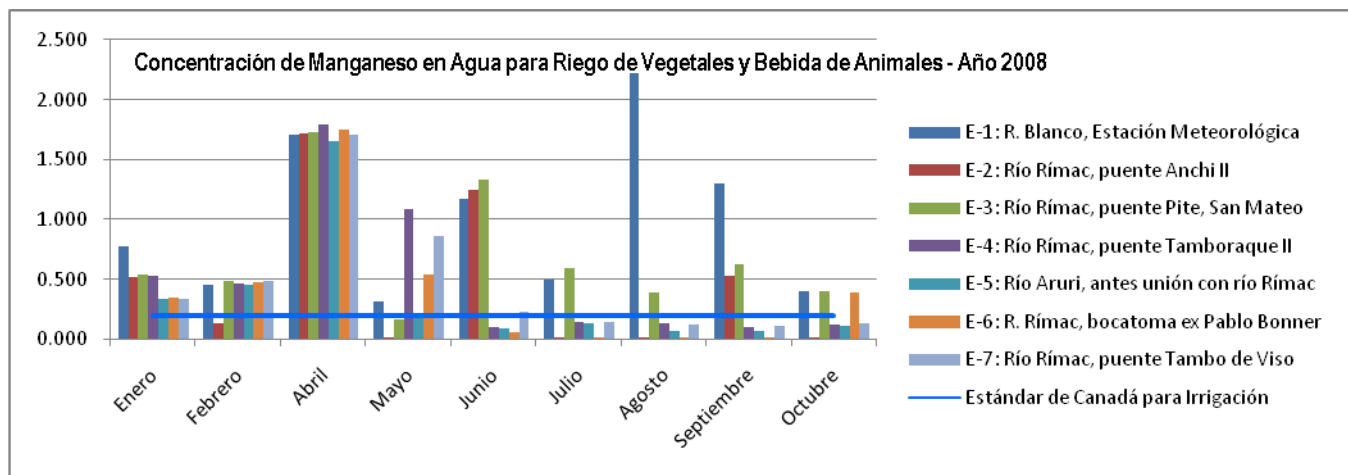
Tabla 139

**Valores Promedios Mensuales de Manganeso (mg/L) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,778	0,460	1,705	0,321	1,180	0,500	2,220	1,307	0,410
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,524	0,135	1,718	0,025	1,250	0,025	0,025	0,539	0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,546	0,495	1,736	0,175	1,340	0,594	0,393	0,627	0,403
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,538	0,473	1,791	1,090	0,107	0,152	0,139	0,103	0,127
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,337	0,457	1,657	0,217	0,099	0,142	0,074	0,072	0,115
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,349	0,485	1,752	0,542	0,069	0,024	0,025	0,025	0,393
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,340	0,490	1,711	0,865	0,237	0,146	0,128	0,113	0,142
<b>Estándar de Canadá para Irrigación</b>		<b>0,2</b>								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de Canadá.

Gráfica 110



### Resultados Obtenidos del Manganeso para Fines de Irrigación

A continuación se indica los resultados obtenidos para el manganeso en comparación con el estándar de referencia de Canadá para fines de irrigación.

- Para el año 2003 el cumplimiento del estándar entre los meses de febrero a octubre se presentó variable ya que en algunos meses unas estaciones cumplían el estándar de referencia y en otros meses lo excedían; pero al finalizar el año en el mes de diciembre todas las estaciones de muestreo alcanzaron promedios mensuales por debajo del estándar canadiense con concentraciones menores a 0.2 mg/L.



- Para el año 2004 el cumplimiento de las concentraciones mensuales en cada una de las estaciones de muestreo fue variable a lo largo del año, pero en general en todos los meses se presentaron promedios mensuales que excedían el valor de referencia lo cual fue una constante hasta el mes de diciembre. Cabe mencionar que el mayor valor que excedió el valor referencial fue en el mes de agosto en la estación E-1 con un valor promedio de 3.175 mg/L cuando el valor permitido es menor a 0.2 mg/L de manganeso para fines de riego de vegetales.
- En el año 2005 se observó un comportamiento más estable, ya que a inicios del año en el mes de febrero solo dos estaciones (E-1 y E-2) excedieron el estándar de referencia; en abril todas las estaciones presentaron valores promedios con concentraciones menores al valor referencial; en mayo solo se excedió el estándar en la estación E-7; en junio no cumplieron con el valor límite las estaciones E-1, E-2 y E-7; en julio y agosto solo la estación E-2 excedió el valor de referencia; en los meses de septiembre y octubre todas las estaciones presentaron valores promedios por debajo de 0.2 mg/L que es el valor permisible.
- En el 2006 entre los meses de febrero a mayo hubo una variación en el cumplimiento del estándar en cada una de las estaciones de muestreo; pero en el mes de julio que fue el último mes muestreado todos los valores promedios cumplieron con el estándar de referencia.
- En el año 2007, el cumplimiento del estándar fue variable a lo largo del año con una o dos estaciones de muestreo que excedían el valor de referencia en cada uno de los meses, este comportamiento se mantuvo constante hasta el mes de diciembre; siendo la estación E-2 (Río Rímac, Puente Ancho) la que excedió el valor de referencia en la mayoría de los meses muestreados.
- En el año 2008 entre los meses de enero a abril todos los valores promedios excedieron los 0.2 mg/L de manganeso que es el estándar de referencia excepto en la estación E-2 en el mes de febrero; luego entre los meses de mayo a octubre el comportamiento fue variable en cada una de las estaciones, presentándose en este último mes tres estaciones con concentraciones que excedían el valor de referencia. Cabe mencionar que la estación E-1 (Río Blanco, Estación Metereológica) excedió el valor permisible en todos los meses muestreados.

#### 4.2.11 Arsénico

##### **Análisis del Arsénico en Función a los Estándares de la Organización Mundial de la Salud para Uso de Agua Potable**

No se ha demostrado que el arsénico sea esencial en el ser humano. Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua potable. Hay pruebas abrumadoras, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones. En varias partes del mundo, las enfermedades producidas por el arsénico, como el cáncer, constituyen un problema significativo de salud pública. Dado que la reactividad y toxicidad del arsénico inorgánico trivalente son mayores que las del arsénico inorgánico pentavalente, se cree generalmente que la forma trivalente es la cancerígena. No obstante, sigue habiendo considerable incertidumbre y controversia tanto sobre el mecanismo de la acción cancerígena como sobre la forma de la curva de dosis-respuesta para ingestas bajas.<sup>25</sup>

##### ***Antecedentes de la determinación del valor de referencia***

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de arsénico de 0,2 mg/l, basándose en sus posibles efectos perjudiciales para la salud.

En las Normas internacionales de 1963 se redujo este valor a 0,05 mg/l, el cual se mantuvo como límite superior provisional de concentración en las Normas internacionales de 1971. El valor de referencia de 0,05 mg/l también se mantuvo en la primera edición de las *Guías para la calidad del agua potable*, publicada en 1984. En las Guías de 1993 se fijó un valor de referencia provisional para el arsénico en el límite práctico de cuantificación de 0,01 mg/l, basándose en la preocupación por su capacidad cancerígena en el ser humano.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.250.

<sup>26</sup> Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Tercera Edición. Ginebra-Suiza. Pág.251.

A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos para el arsénico en cada una de las estaciones de muestreo, los cuales serán comparados en función al estándar de la Organización Mundial de la Salud del año 2004 en donde se establece un valor de referencia menor a 0.01 mg/L de arsénico para agua destinada al consumo humano.

**Tabla 140**  
**Valores Promedios Mensuales de Arsénico (mg/L) – Año 2000**

Estación	Ubicación	mar-00	jul-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,000	0,006	0,047	0,293	0,015	0,428
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,020	0,006	0,038	0,090	0,015	0,262
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,000	0,006	0,036	0,110	0,015	0,275
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,296	0,055	0,136	0,209	0,060	0,614
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,086	0,006	0,135	0,144	0,073	0,754
<b>Estándar de la Organización Mundial de la Salud</b>		<b>0,01</b>					

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

**Gráfica 111**

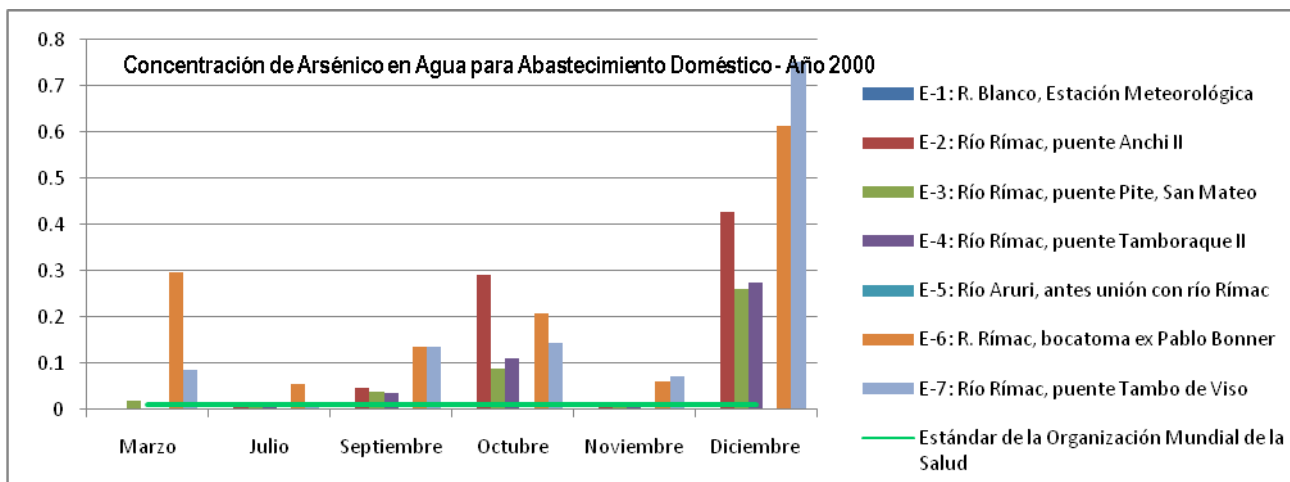


Tabla 141

Valores Promedios Mensuales de Arsénico (mg/L) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,276	0,036	0,027	0,110	0,018
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	--	0,028	0,034	0,050	0,011
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	--	0,036	0,051	0,052	0,033
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	--	0,034	0,050	0,116	0,052
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	--	0,083	0,286	0,118	0,043
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01				

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 112

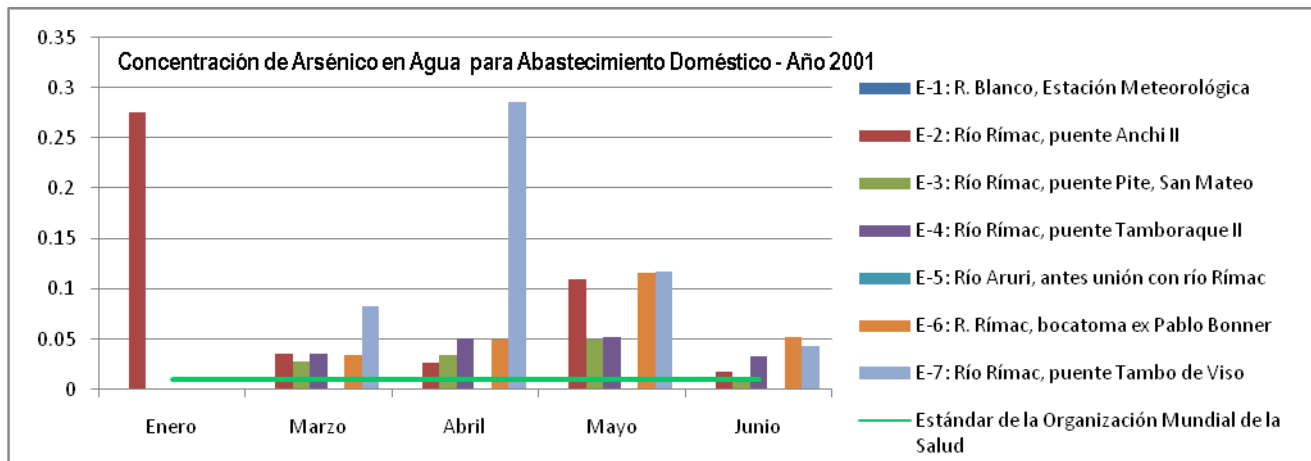


Tabla 142

Valores Promedios Mensuales de Arsénico (mg/L) – Año 2005

Estación	Ubicación	may-05	jun-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	<0,025	<0,025
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	<0,025	<0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	<0,025	<0,025
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	<0,025	<0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	<0,025	<0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	<0,025	<0,025
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	<0,025	<0,025
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01	

Nota: Los valores reportados no son precisos, por lo cual no se les puede comparar con el estándar de la OMS.

Tabla 143  
Valores Promedios Mensuales de Arsénico (mg/L) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,004	0,001	0,004	0,001	0,005	0,001	0,004	0,004	0,005	0,011
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,024	0,002	0,022	0,006	0,010	0,005	0,007	0,019	0,012	0,017
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,029	0,006	0,029	0,003	0,035	0,019	0,026	0,044	0,026	0,033
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,026	0,005	0,026	0,003	0,030	0,004	0,010	0,028	0,025	0,031
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,015	0,004	0,041	0,006	--	0,025	0,264	0,058	0,116	0,034
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,025	0,006	0,040	0,043	0,055	0,097	0,001	0,073	0,046	0,044
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,024	0,007	0,036	0,039	0,082	0,047	0,001	4,497	1,292	0,102
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01									

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 113

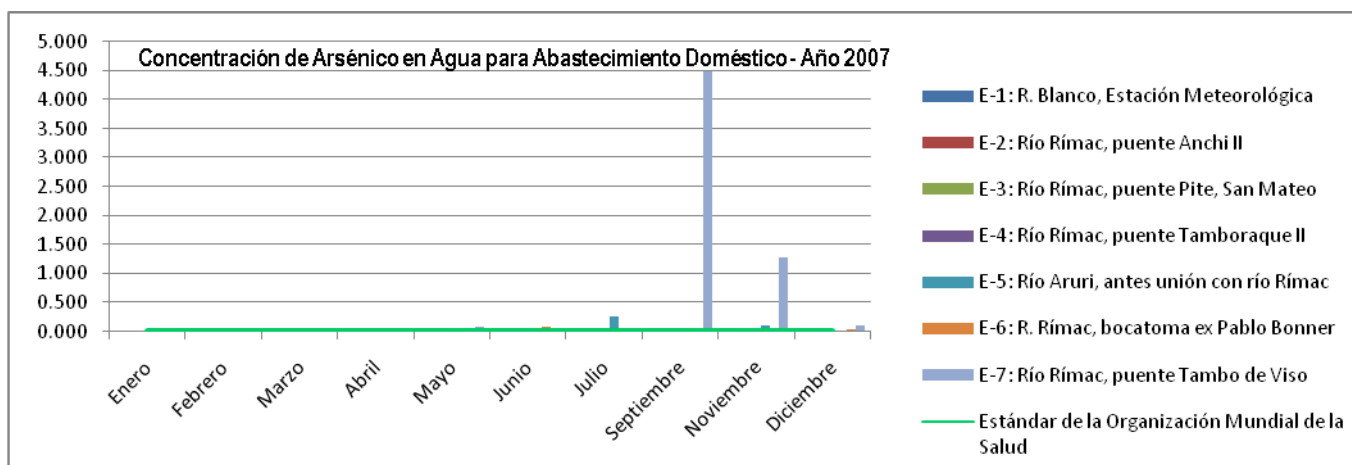
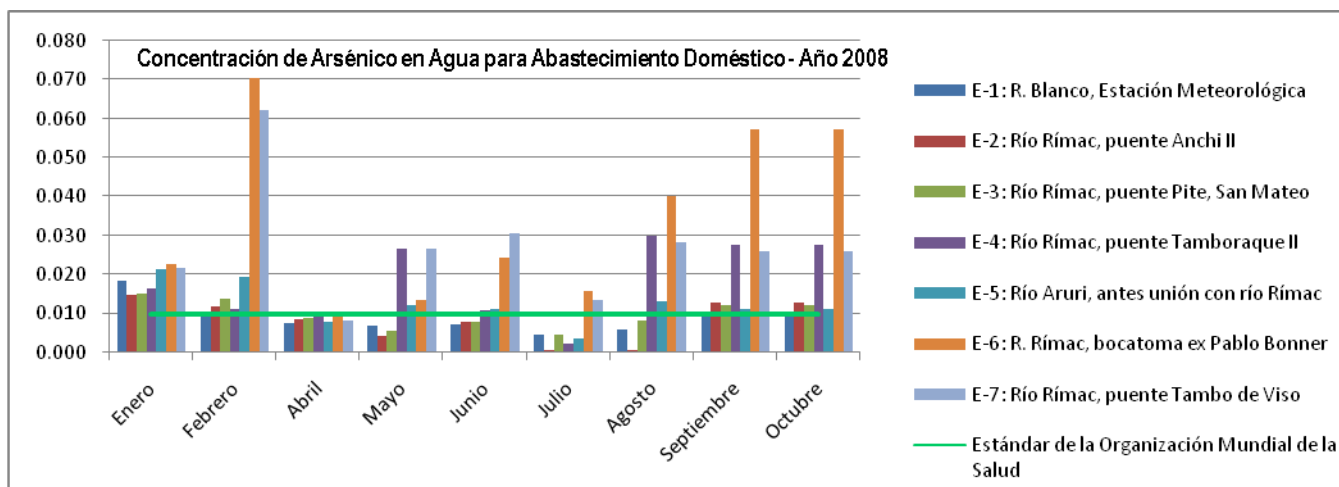


Tabla 144  
Valores Promedios Mensuales de Arsénico (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,018	0,010	0,008	0,007	0,007	0,005	0,006	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,015	0,012	0,008	0,004	0,008	0,000	0,000	0,013	0,013
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,015	0,014	0,009	0,006	0,008	0,005	0,008	0,012	0,012
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,016	0,011	0,010	0,027	0,011	0,002	0,030	0,028	0,028
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,021	0,019	0,008	0,012	0,011	0,004	0,013	0,011	0,011
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,023	0,070	0,010	0,014	0,024	0,016	0,040	0,057	0,057
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,022	0,062	0,008	0,027	0,031	0,014	0,028	0,026	0,026
Estándar de la Organización Mundial de la Salud		0,01								

Los valores resaltados en amarillo exceden el estándar de la OMS.

Gráfica 114



### Resultados Obtenidos del Arsénico para Uso de Agua Potable

De acuerdo a la comparación de los valores promedios mensuales del arsénico y el estándar de la Organización Mundial de la Salud para uso del agua con fines de abastecimiento doméstico se tienen los siguientes resultados.

- Para el año 2000 se observó un comportamiento variable entre los meses de marzo a noviembre ya que varias estaciones excedieron el estándar de referencia de la OMS con concentraciones promedios mensuales por encima de 0.01 mg/L de arsénico; a finales de este año en el mes de diciembre todas las estaciones de muestreo presentaron promedios mensuales que excedieron el estándar de referencia, siendo la estación E-7 la que presentó la concentración más alta con un valor de 0.754 mg/L de arsénico.
- En el año 2001 los meses de enero, marzo, abril y mayo presentaron promedios mensuales por encima del valor de referencia de la OMS en todas las estaciones de muestreo; en el mes junio que fue el último mes muestreado en este año las estaciones E-4, E-6 y E-7 tuvieron promedios que excedían el valor permisible con valores de 0.033, 0.052 y 0.043 mg/L de arsénico respectivamente siendo el valor

permisible 0.01 mg/L, solo las estaciones E-2 y E-3 tuvieron concentraciones por debajo del valor de referencia.

- Para el año 2005 se tienen resultados promedios mensuales en los meses de mayo y junio los cuales han sido reportados como menores a 0.025 mg/L de arsénico, en vista de que el valor límite es de 0.01 mg/L no se puede precisar si los valores reportados exceden o no el valor de referencia.
- En el año 2007 desde la zona del Puente Pite en San Mateo hasta el Puente Tambo de Viso que comprende las estaciones E-3 hasta la estación E-7 la mayoría de valores promedios mensuales exceden el estándar de referencia con concentraciones mayores a 0.01 mg/L de arsénico; en el mes de diciembre solo las estaciones E-1 y E-2 tuvieron concentraciones por debajo del valor de referencia, pero las estaciones E-3, E-4, E-5, E-6 y E-7 tuvieron valores que excedían el estándar referencial para fines de abastecimiento doméstico.
- En el año 2008 desde la zona del río Blanco hasta el puente Pite que comprende las estaciones E-1, E-2 y E-3 todos sus valores promedios a lo largo del año se encontraron por debajo del estándar de referencia; la estación E-4 (Río Rímac, puente Tamboraque) presentó promedios que excedían el estándar de referencia en los meses de mayo, agosto, septiembre y octubre, en los demás meses tuvo promedios por debajo del valor estándar; la estación E-5 solo tuvo un promedio por encima del valor límite en el mes de enero; las estaciones E-6 y E-7 tuvieron valores promedios que excedían el valor permitido en los meses de enero, febrero, junio, agosto, septiembre y octubre.

### **Resultados Obtenidos del Arsénico para Uso de Riego de Vegetales y Bebida de Animales**

Para el análisis del arsénico en función al uso del agua para riego de vegetales y bebida de animales se ha utilizado como valor de referencia el límite máximo permisible de la

clase III de la Ley General de Aguas que establece un valor de 0.2 mg/L, en base a lo cual se ha tenido los siguientes resultados.

- En el año 2000 desde el mes de marzo hasta el mes de noviembre todas las estaciones de muestreo tuvieron valores promedios menores al valor permisible; en el mes de diciembre las estaciones E-2, E-6 y E-7 tuvieron valores promedios que excedían el límite máximo permisible con concentraciones de 0.428, 0.614 y 0.754 mg/L siendo el valor permisible 0.2 mg/L de arsénico.
- En los años 2001 y 2005 todos los valores promedios obtenidos se encontraron por debajo del límite máximo permisible.
- En el año 2007 todos los valores promedios obtenidos tuvieron concentraciones menores al límite máximo permisible; solo en los meses de septiembre y noviembre la estación E-7 (Río Rímac, puente Tambo de Viso) presentó valores por encima del LMP con valores de 4.497 y 1.292 mg/L de arsénico respectivamente.
- En el año 2008 todas las estaciones de muestreo tuvieron valores promedios mensuales menores a 0.2 mg/L de arsénico que es el valor límite para agua con fines de riego de vegetales y bebida de animales.

#### **4.2.13 Coliformes Termotolerantes**

##### **Análisis de los Coliformes Termotolerantes en Función a la Clase II de la Ley General de Aguas**

Según los *Valores Guía para la Verificación de la Calidad Microbiana* de la Organización Mundial de la Salud, los coliformes termotolerantes no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 mL en toda agua destinada para bebida, ya que la población puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales e infecciosas.



Para el análisis de la calidad del agua del área de estudio para fines de abastecimiento doméstico se ha utilizado como referencia de comparación el límite máximo permisible de la clase II de la Ley General de Aguas que establece un valor máximo de 4000 NMP/100 mL.

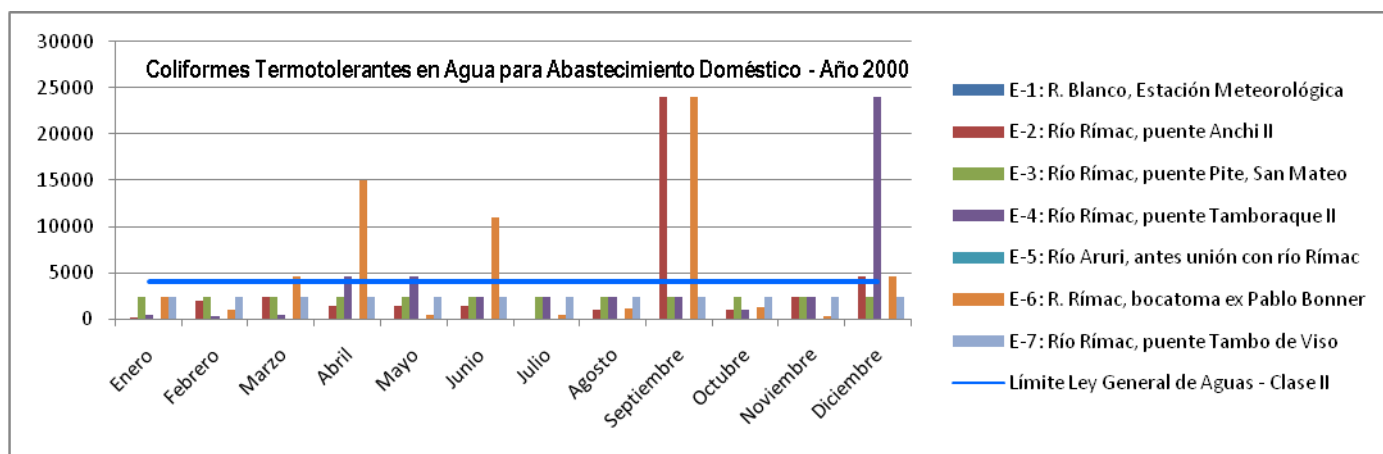
A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo.

**Tabla 145**  
**Valores Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2000**

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	210	2100	2400	1500	1500	1500	93	1100	24000	1100	2400	4600
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	430	240	460	4600	4600	2400	2400	2400	2400	930	2400	24000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2400	930	4600	15000	460	11000	460	1100	24000	1300	240	4600
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>4000</b>											

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

**Gráfica 115**



**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Tabla 146

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2001**

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	ago-01	sep-01	oct-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2400	240	3	2400	4600	460	93	460	2400	2400	43	43
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1500	2400	3	1100	2400	93	23	43	460	93	240	3
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	150	1500	93	93	150	460	3	43	4600	210	460	3
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1500	240	23	930	150	3	3	240	46000	240	460	3
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1100	240	750	2400	23	93	430	430	140	93	9	43
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>4000</b>											

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 116

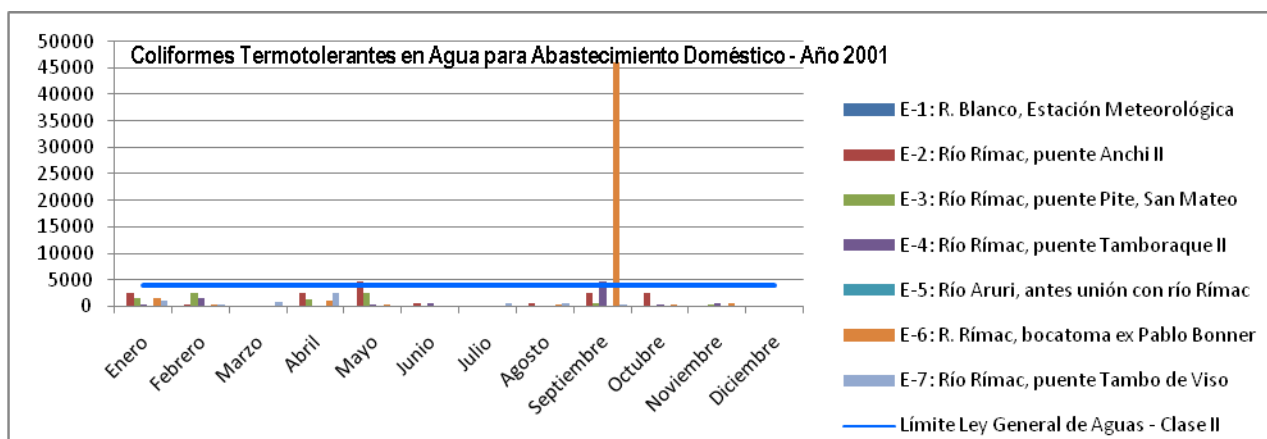


Tabla 147

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2002**

Estación	Ubicación	ene-02	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	jul-02	ago-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	--	24000	2400	24000	11000	4600	2400	4600	4600	24000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	--	4600	240	43	1100	43	2400	1500	11000	4600
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	--	24000	240	1500	24000	28	43	43	93	46000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	--	240	93	23	2100	150	240	150	460	43
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	--	93	23	240	1100	240	240	460	4600	15
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>4000</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 117

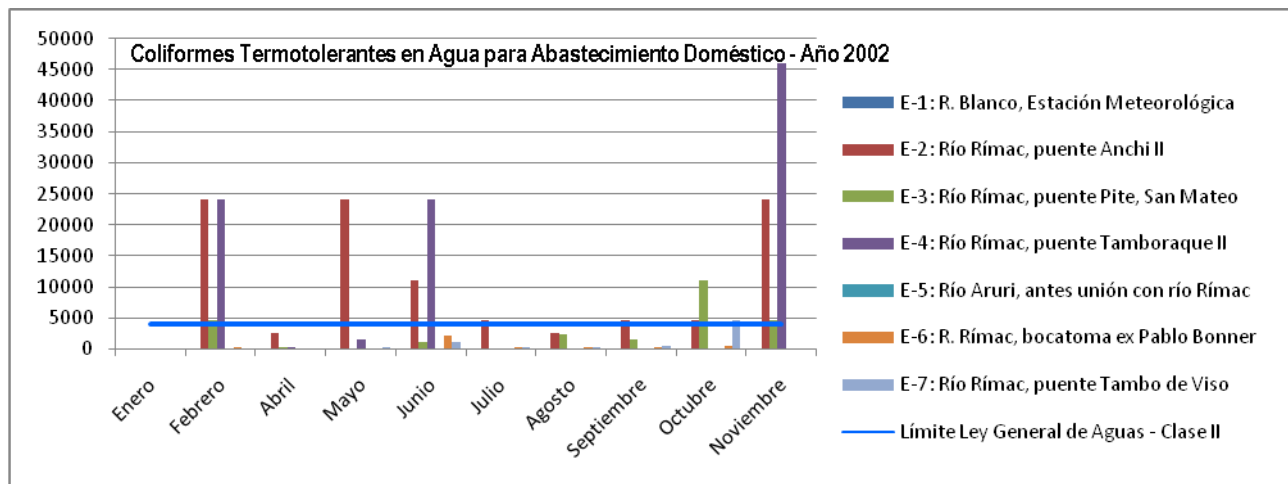


Tabla 148

Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2004

Estación	Ubicación	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	280	9000	2400	50000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	13000	170000	4600	900
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1700	17000	9300	350
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2200	110000	9300	2200
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	17	1400	460	140
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	110	2600	4600	330
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1600	14000	24000	280
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>4000</b>			

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 118

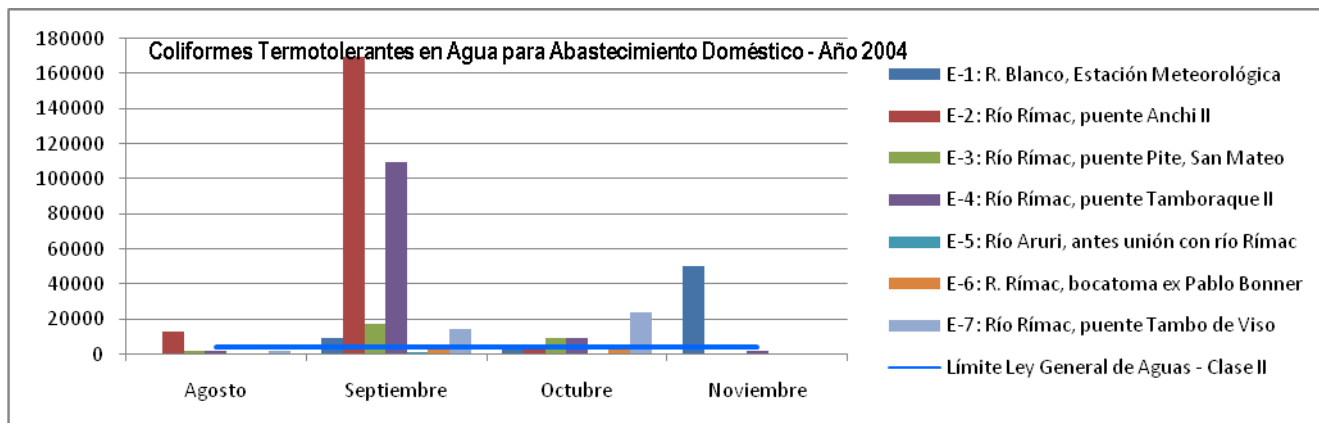


Tabla 149  
Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2005

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	50	8000	80	4000	900	4000	20000	200
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	20000	2000	40	4000	200	2000	20000	3000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	5000	700	200000	20000	400	200	20000	2000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	30	2000	200000	9000	400	30000	200000	20000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	30	90	200000	2000	40	4	2000	20000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	3000	90	20000	4000	900	9000	9000	9000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	200	90	200000	2000	40	200	20000	9000
LMP Ley General de Aguas - Clase II		4000							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 119

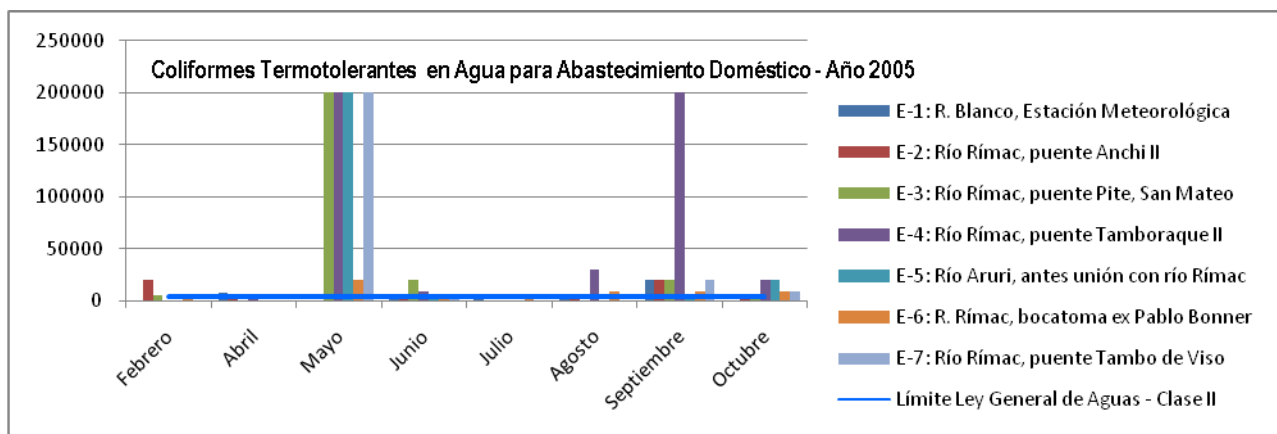


Tabla 150  
Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2006

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	14	4	1100	17000	27
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2400	1300	1400	900	16000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1100	1400	1100	14	33
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1100	1100	26	2200	1600
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	33	23	1300	50	13
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1100	1300	70	110	280
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	23	30	2400	30	1100
LMP Ley General de Aguas - Clase II		4000				

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 120

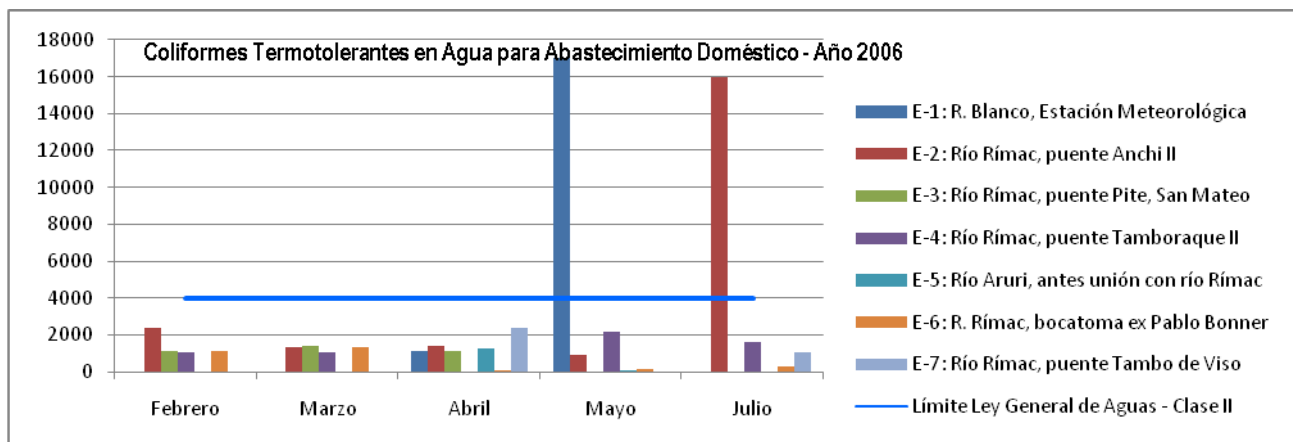


Tabla 151

Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	500	26	16000	800	900	900	300	17	49	700
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1600	1600	16000	160000	9000	5000	80000	47000	280	140000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	3000	500	>1600	1600	1600	9000	5000	490	1700	920
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1600	3400	280	>1600	9000	9000	5000	14000	2800	1700
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	30	50	13000	240	--	1700	8	79	33	17
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	240	3000	17000	90000	1400	2	23	47000	790	2200
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	240	3300	170	110	50	50	1100	340	3200	79
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>4000</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 121

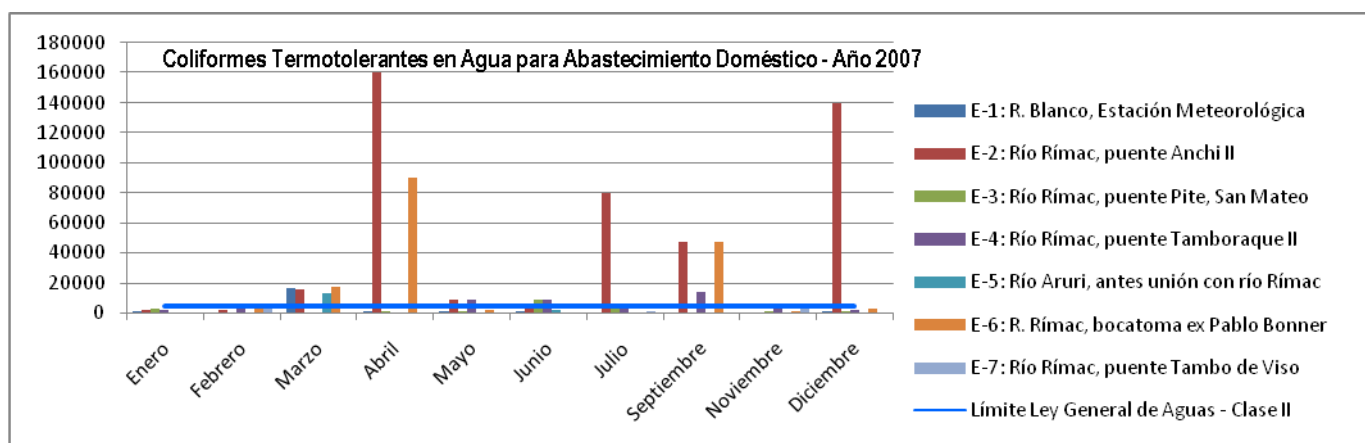


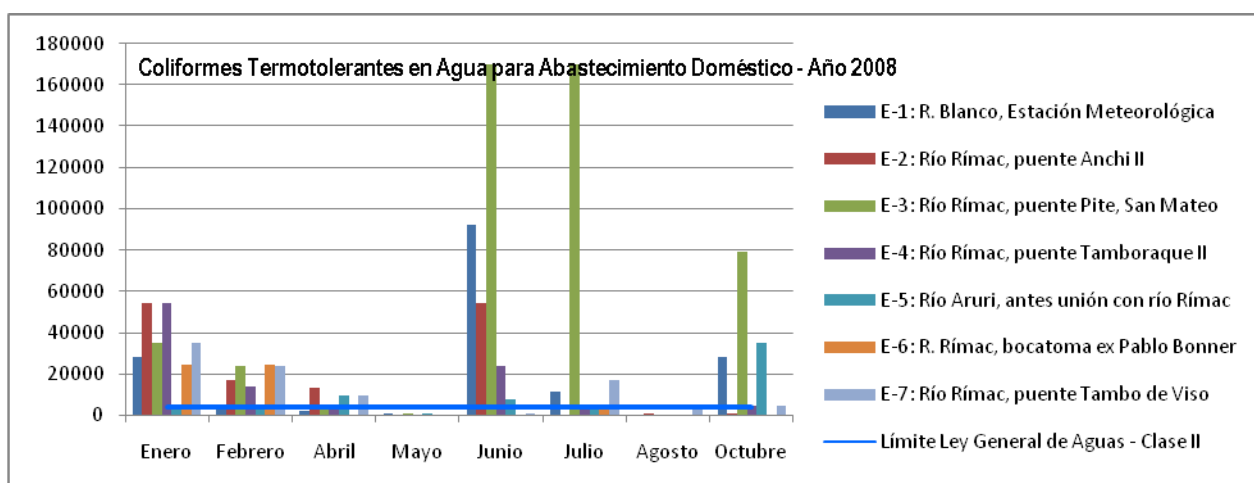
Tabla 152

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	28000	3500	1700	490	92000	11000	33	28000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	54000	17000	13000	94	54000	14	540	460
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	35000	24000	4900	790	170000	170000	49	79000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	54000	14000	3300	170	24000	3500	240	4600
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2800	4900	9200	490	7900	5400	130	35000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	24000	24000	2	2	7	2800	260	170
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	35000	24000	9200	110	490	17000	3500	4600
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>4000</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 122



### Resultados Obtenidos de los Coliformes Termotolerantes para Uso de Agua con Fines de Abastecimiento Doméstico

Los valores promedios mensuales de los coliformes termotolerantes en cada una de las estaciones de muestreo han sido comparados con el LMP de la clase II de la Ley General de Aguas, para determinar si sus concentraciones exceden o no el valor límite permisible, de donde se tienen los siguientes resultados:

- Para el año 2000 en los meses de enero y febrero todos los valores promedios mensuales se encontraron en concentraciones por debajo del límite máximo permisible (LMP); en el mes de marzo solo la estación E-6 (Río Rímac, bocatoma ex

Pablo Bonner) excedió el LMP con una concentración de 4600 NMP/dL; en abril las estaciones E-4 (Río Rímac, Puente Tamboraque) y E-6 (Río Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner) excedieron el LMP con valores de 4600 y 15000 NMP/dL respectivamente; en mayo solo la estación E-4 excedió el LMP con un valor de 4600 NMP/dL; en junio solo la estación E-6 superó el LMP con 11000 NMP/dL; en los meses de julio y agosto todas las estaciones tuvieron promedios mensuales por debajo del LMP; en el mes de septiembre se excedió el LMP en las estaciones E-2 y E-6 con valores de 24000 NMP/dL en cada una de las estaciones de muestreo, en octubre y noviembre todos los promedios estuvieron por debajo del LMP; en diciembre las estaciones E-2, E-4 y E-6 excedieron el LMP con valores de 4600, 24000 y 4600 NMP/dL respectivamente.

- En el año 2001 casi todos valores promedios mensuales estuvieron debajo del LMP, solo tres valores promedios presentaron concentraciones que excedían el LMP lo cual se presentó en el mes de mayo en la estación E-2 con un valor de 4600 NMP/dL, y en el mes de septiembre en las estaciones E-4 y E-6 con valores de 4600 y 46000 NMP/dL respectivamente siendo el LMP 4000 NMP/dL.
- En el año 2002 desde la estación E-2 en el río Rímac – Puente Anchi hasta la estación E-4 en el río Rímac a la altura del puente Tamboraque los valores promedios mensuales en su mayoría excedieron el LMP lo cual se mantuvo constante hasta el mes de noviembre con concentraciones de 24000, 4600 y 46000 NMP/dL en las estaciones E-2, E-3 y E-4 respectivamente.
- Para el año 2004 se tienen valores de registro desde el mes de agosto hasta el mes de noviembre; observándose que para el mes de agosto solo la estación E-2 (Río Rímac, puente Anchi) excedió el LMP con un valor de 13000 NMP/dL; en septiembre y octubre la mayoría de estaciones tuvieron valores promedios por encima del LMP, estas concentraciones disminuyeron significativamente ya que en el mes de noviembre solo la estación E-5 tuvo un promedio mayor al LMP con un valor de 50000 NMP/dL y las demás estaciones tuvieron concentraciones menores a 4000 NMP/dL que es el valor límite.
- En el año 2005 en el mes de febrero las concentraciones que excedieron el LMP se registraron en las estaciones E-2 y E-3 con valores de 20000 y 5000 NMP/dL

respectivamente; entre los meses de mayo a octubre la mayoría de valores promedios que excedían el LMP se registraron desde la estación E-4 hasta la estación E-7 llegando a obtenerse valores de 200000 NMP/dL

- En el año 2006 solo dos valores excedieron el LMP, el primero en el mes de mayo en la estación E-1 (Río Blanco, estación Meteorológica) con un valor de 17000 NMP/dL y el segundo en el mes de julio en la estación E-2 (Río Rímac, puente Anchi) con un valor de 16000 NMP/dL; en las demás estaciones los valores estuvieron debajo del LMP.
- En el año 2007 en los meses de enero y febrero todas las estaciones tuvieron promedios por debajo del LMP, este comportamiento tuvo una variación entre los meses de marzo a septiembre ya que hubo presencia de estaciones con valores mayores al LMP, pero al finalizar el año este comportamiento cambió significativamente como a inicios del año ya que solo una estación (E-2) excedió el LMP con un valor de 140000 NMP/dL en comparación con los anteriores meses del año.
- En el año 2008 en la mayoría de meses se excedió el valor permisible, solo en los meses de mayo y agosto todas las estaciones tuvieron promedios por debajo del LMP; en los demás meses casi todas las estaciones de muestreo presentaron valores mayores a 4000 NMP/dL que es el valor límite lo cual se mantuvo constante hasta el mes de octubre donde cinco estaciones de muestreo excedieron el LMP de siete estaciones muestreadas.

### **Análisis de los Coliformes Termotolerantes en Función a la Clase III de la Ley General de Aguas**

El análisis de la calidad de las aguas con fines de riego de vegetales y bebida de animales respecto a la presencia del parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes ha sido realizado en función al límite máximo permisible de la clase III de la Ley General de Aguas, la cual establece un valor máximo de 1000 NMP/dL. A continuación se presentan los resultados promedios mensuales obtenidos para los coliformes termotolerantes en cada estación de muestreo.



Tabla 153  
Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2000

Estación	Ubicación	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	210	2100	2400	1500	1500	1500	93	1100	24000	1100	2400	4600
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	430	240	460	4600	4600	2400	2400	2400	2400	930	2400	24000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	2400	930	4600	15000	460	11000	460	1100	24000	1300	240	4600
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
LMP Ley General de Aguas - Clase III		1000											

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 123

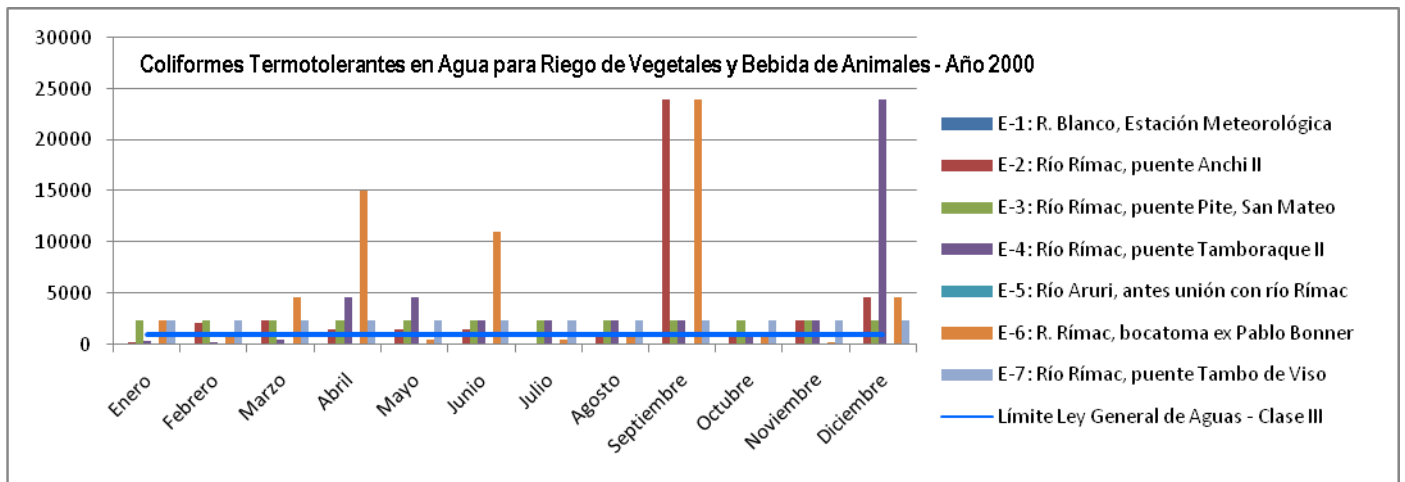


Tabla 154  
Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2001

Estación	Ubicación	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	may-01	jun-01	jul-01	ago-01	sep-01	oct-01	nov-01	dic-01
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2400	240	3	2400	4600	460	93	460	2400	2400	43	43
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1500	2400	3	1100	2400	93	23	43	460	93	240	3
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	150	1500	93	93	150	460	3	43	4600	210	460	3
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1500	240	23	930	150	3	3	240	46000	240	460	3
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1100	240	750	2400	23	93	430	430	140	93	9	43
LMP Ley General de Aguas - Clase III		1000											

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 124

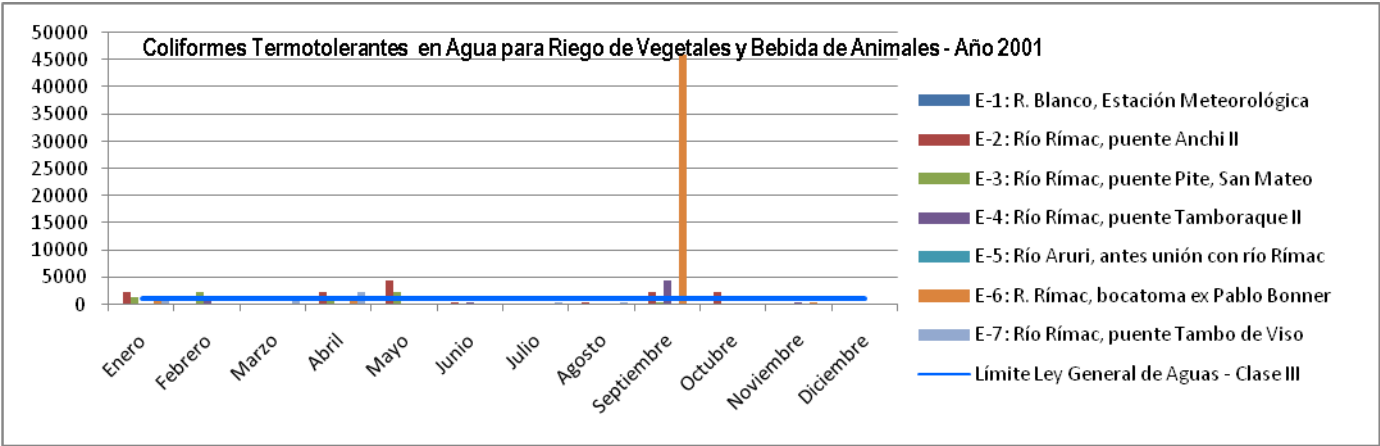


Tabla 155

Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2002

Estación	Ubicación	ene-02	feb-02	abr-02	may-02	jun-02	jul-02	ago-02	sep-02	oct-02	nov-02
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	--	24000	2400	24000	11000	4600	2400	4600	4600	24000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	--	4600	240	43	1100	43	2400	1500	11000	4600
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	--	24000	240	1500	24000	28	43	43	93	46000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	--	240	93	23	2100	150	240	150	460	43
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	--	93	23	240	1100	240	240	460	4600	15
LMP Ley General de Aguas - Clase III		1000									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 125

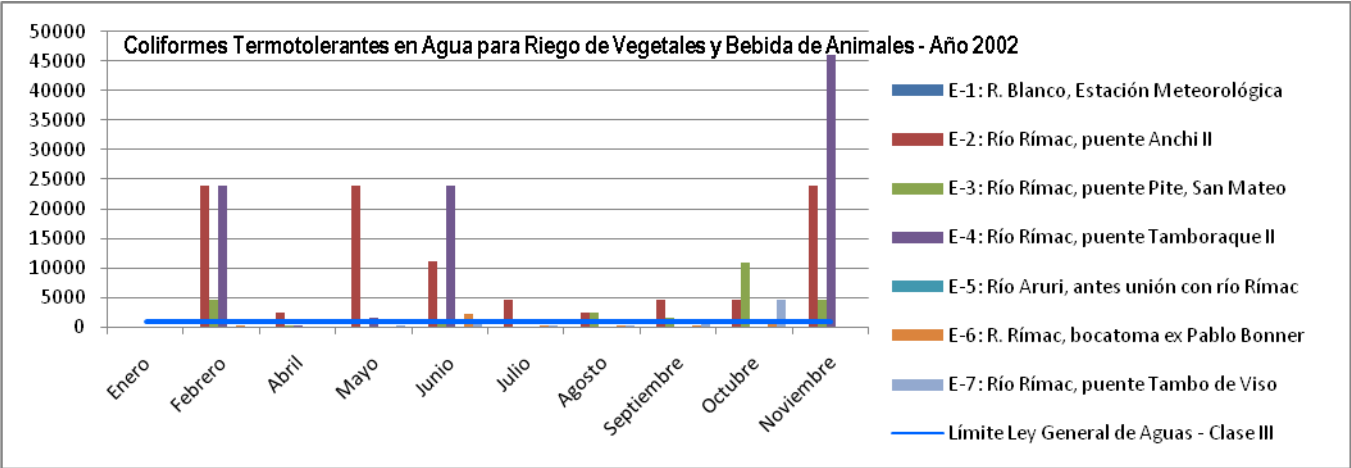


Tabla 156

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2004**

Estación	Ubicación	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	280	9000	2400	50000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	13000	170000	4600	900
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1700	17000	9300	350
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2200	110000	9300	2200
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	17	1400	460	140
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	110	2600	4600	330
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1600	14000	24000	280
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>1000</b>			

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 126

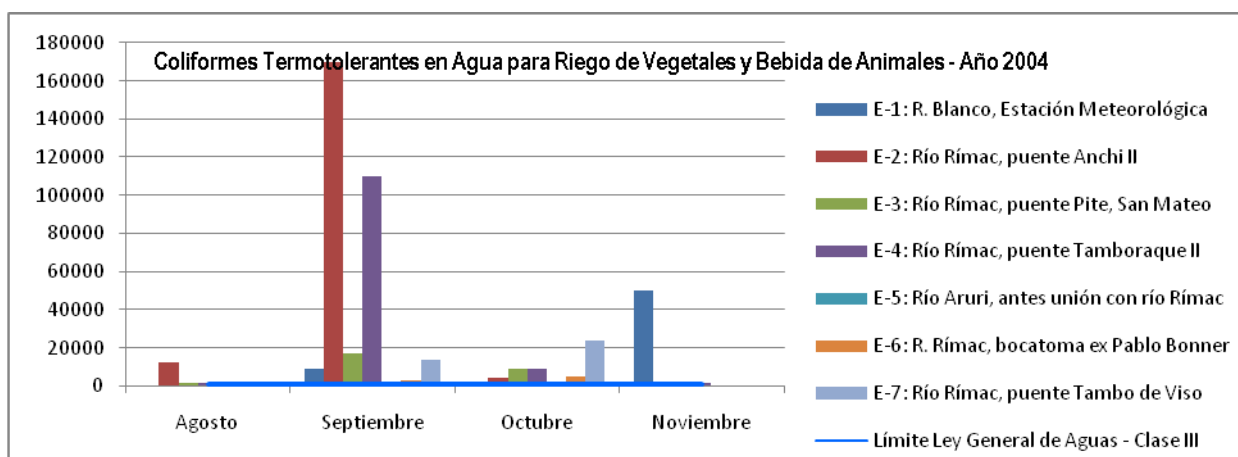


Tabla 157

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	50	8000	80	4000	900	4000	20000	200
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	20000	2000	40	4000	200	2000	20000	3000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	5000	700	200000	20000	400	200	20000	2000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	30	2000	200000	9000	400	30000	200000	20000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	30	90	200000	2000	40	4	2000	20000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	3000	90	20000	4000	900	9000	9000	9000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	200	90	200000	2000	40	200	20000	9000
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>1000</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Gráfica 127

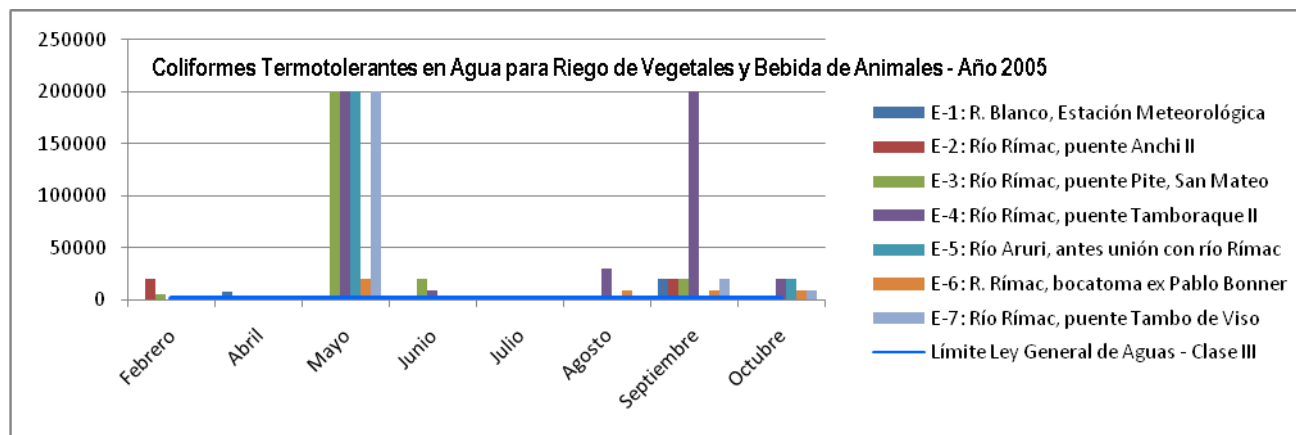


Tabla 158

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	14	4	1100	17000	27
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2400	1300	1400	900	16000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1100	1400	1100	14	33
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1100	1100	26	2200	1600
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	33	23	1300	50	13
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1100	1300	70	110	280
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	23	30	2400	30	1100
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>1000</b>				

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 128

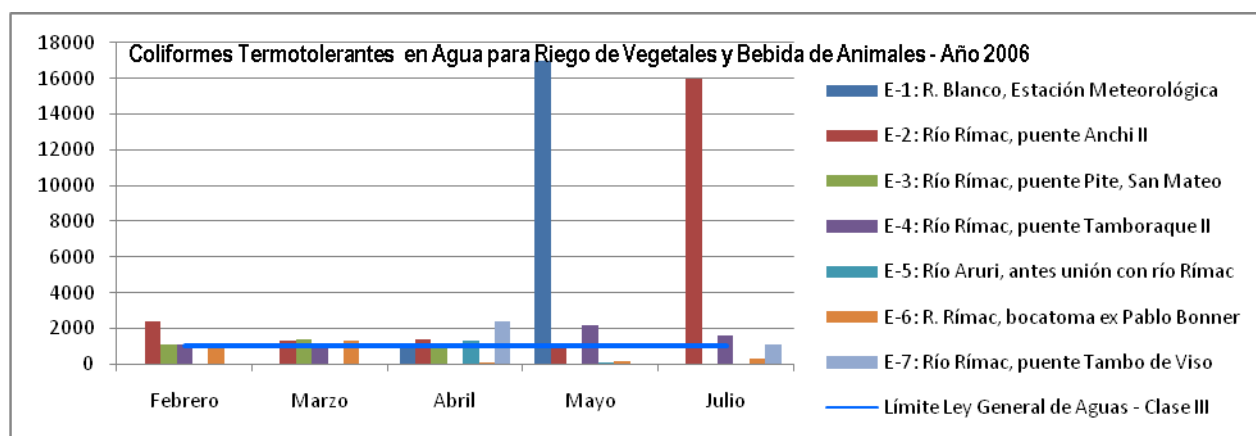


Tabla 159

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2007**

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	500	26	16000	800	900	900	300	17	49	700
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1600	1600	16000	160000	9000	5000	80000	47000	280	140000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	3000	500	>1600	1600	1600	9000	5000	490	1700	920
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1600	3400	280	>1600	9000	9000	5000	14000	2800	1700
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	30	50	13000	240	--	1700	8	79	33	17
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	240	3000	17000	90000	1400	2	23	47000	790	2200
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	240	3300	170	110	50	50	1100	340	3200	79
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>1000</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 129

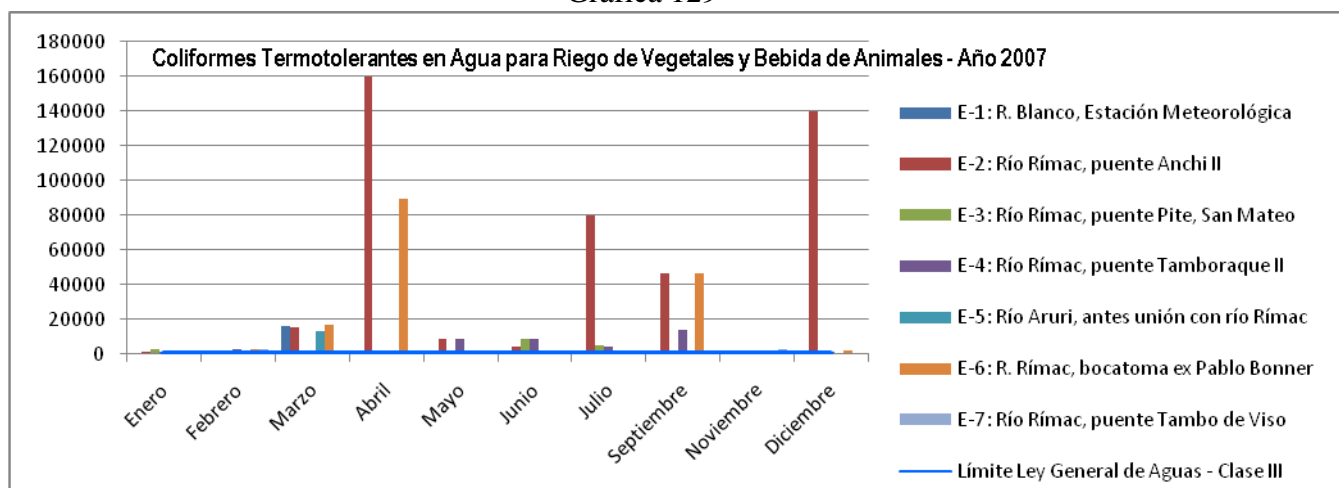


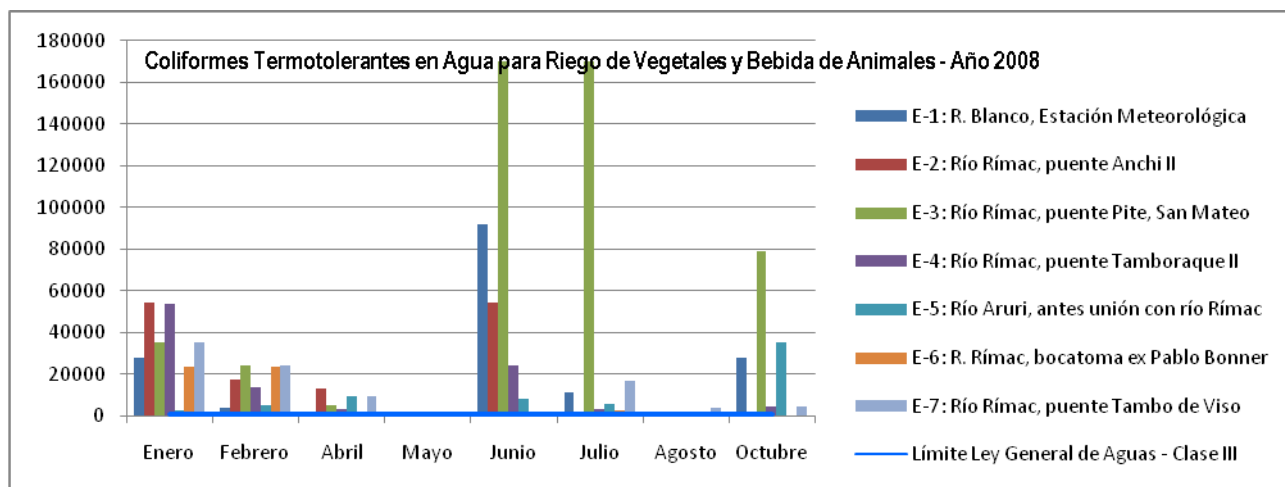
Tabla 160

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	28000	3500	1700	490	92000	11000	33	28000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	54000	17000	13000	94	54000	14	540	460
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	35000	24000	4900	790	170000	170000	49	79000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	54000	14000	3300	170	24000	3500	240	4600
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	2800	4900	9200	490	7900	5400	130	35000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	24000	24000	2	2	7	2800	260	170
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	35000	24000	9200	110	490	17000	3500	4600
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>1000</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 130



### Resultados Obtenidos de los Coliformes Termotolerantes para Uso de Agua con Fines de Riego de Vegetales y Bebida de Animales

De acuerdo a la comparación entre los valores obtenidos para los coliformes termotolerantes y el límite máximo permisible de la clase III de la Ley General de Aguas, se tienen los siguientes resultados:

- Para el año 2000 casi todos los valores promedios mensuales excedieron el límite máximo permisible en todas las estaciones de muestreo con concentraciones mayores a 1000 NMP/dL.
- En el año 2001, las concentraciones de los coliformes disminuyeron así tenemos que para el mes de enero las estaciones E-2, E-3, E-6 y E-7 presentaron promedios que excedían el LMP con concentraciones de 2400, 1500, 1500 y 1100 NMP/dL respectivamente; en el mes de febrero las estaciones E-3 y E-4 excedieron el LMP con valores de 2400 y 1500 NMP/dL, en marzo todos los valores promedios obtenidos se encontraron por debajo del LMP; en abril las estaciones E-2, E-3 y E-7 excedieron el LMP con valores de 2400, 1100 y 2400 NMP/dL respectivamente; en mayo las estaciones E-2 y E-3 excedieron el LMP con valores de 4600 y 2400 NMP/dL; en los meses de junio, julio y agosto todas las estaciones tuvieron promedios por debajo del LMP; en septiembre las estaciones E-2, E-4 y E-6 excedieron el LMP con valores de 2400, 4600 y 46000 NMP/dL respectivamente; en

octubre solo la estación E-2 excedió el LMP con un valor de 2400 NMP/dL, al finalizar el año en los meses de noviembre y diciembre ninguna estación excedió el LMP.

- En el año 2002 desde el mes de febrero hasta el mes de noviembre las estaciones E-2 (Río Rímac, puente Anchi) y E-3 (Río Rímac, puente Pite) excedieron el LMP durante todo el año presentándose este comportamiento hasta el mes de noviembre.
- En el año 2004, para el mes de agosto cuatro estaciones de muestreo excedieron el LMP de siete estaciones muestreadas; en el mes de septiembre todas las estaciones excedieron el LMP; en octubre seis estaciones excedieron el LMP; en noviembre solo dos estaciones (E-1 y E-4) superaron el valor límite con valores de 50000 y 2200 NMP/dL respectivamente.
- Desde el año 2005 hasta el año 2008 las concentraciones promedios mensuales obtenidas para los coliformes termotolerantes tuvo un comportamiento variado, pero en general la mayoría de estaciones presentaron promedios que excedían el límite máximo permisible, situación que se mantuvo constante hasta el mes de octubre del año 2008.

#### **4.2.14 Coliformes Totales**

##### **Análisis de los Coliformes Totales en Función a la Clase II de la Ley General de Aguas**

De acuerdo a los *Valores Guía* establecidos por la Organización Mundial de la Salud para la calidad del Agua Potable del año 1995, los coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 mL. Para el análisis de los coliformes totales se utilizará como valor de referencia el límite máximo permisible establecido en la clase II de la Ley General de Aguas para uso de agua con fines de abastecimiento doméstico. A continuación se presentan los valores promedios mensuales obtenidos en cada estación de muestreo.

Tabla 161

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2004**

Estación	Ubicación	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	350	50000	11000	80000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	28000	900000	11000	1600
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2800	220000	15000	1600
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	11000	280000	46000	13000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	220	9000	2400	500
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1400	14000	11000	9000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	9000	110000	110000	350
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>20000</b>			

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 131

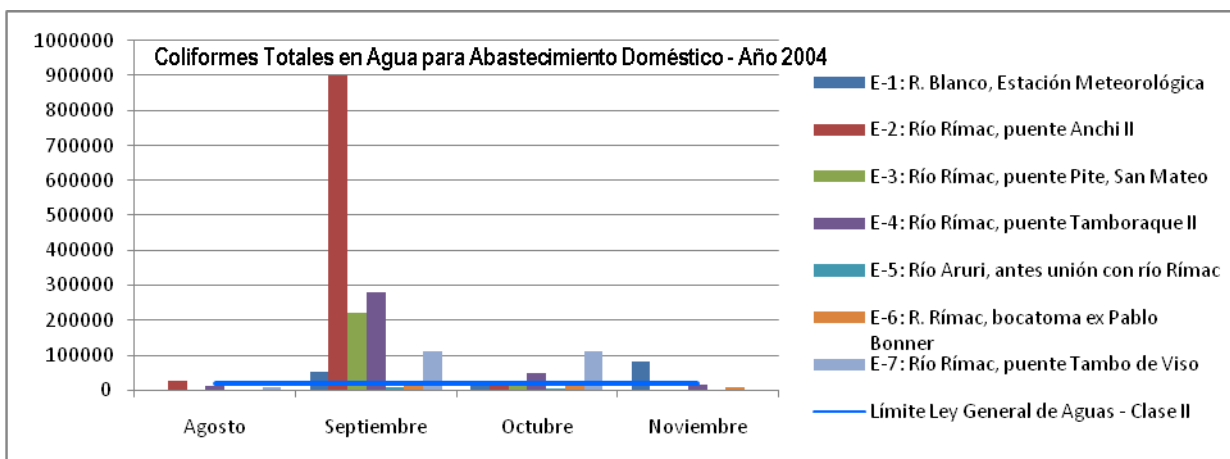


Tabla 162

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	200	100000	1000	9000	2000	4000	200000	20000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2000000	4000	40	9000	1000	2000	1000000	80000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	5000	8000	200000	50000	900	2000	50000	5000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2000	8000	200000	100000	5000	200000	200000	500000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	200	900	200000	10000	200	200	80000	100000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	3000	900	20000	9000	5000	20000	50000	20000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	300	2000	500000	4000	200	2000	90000	20000
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>20000</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.



Gráfica 132

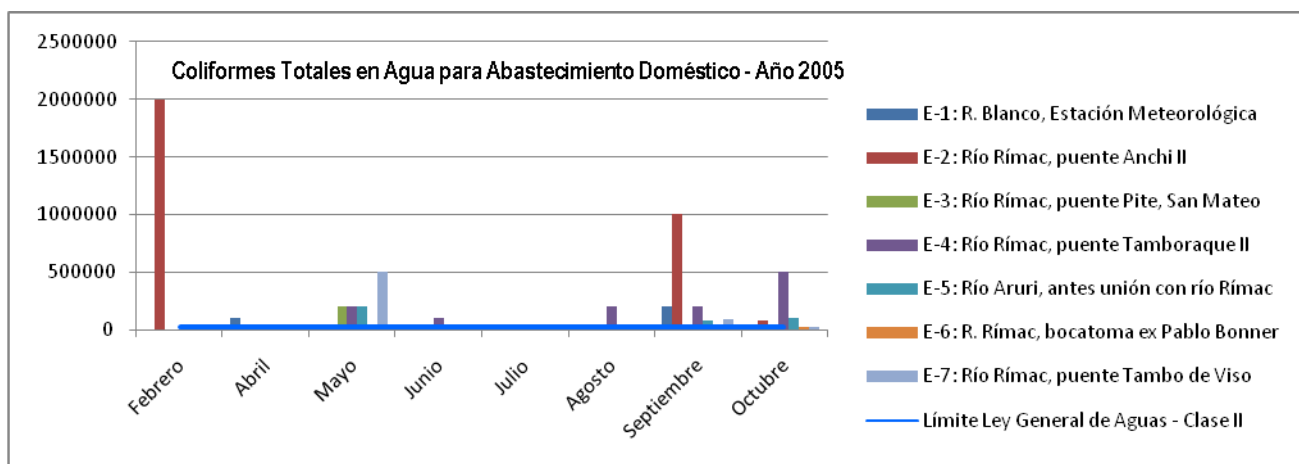


Tabla 163

**Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	14	8	3500	17000	240
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2400	2400	1700	900	>16000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1100	1400	1100	80	34
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2400	1100	110	5000	5000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	90	30	34000	80	23
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1300	1300	220	140	1300
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	110	8	2400	70	1600
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase II</b>		<b>20000</b>				

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 133

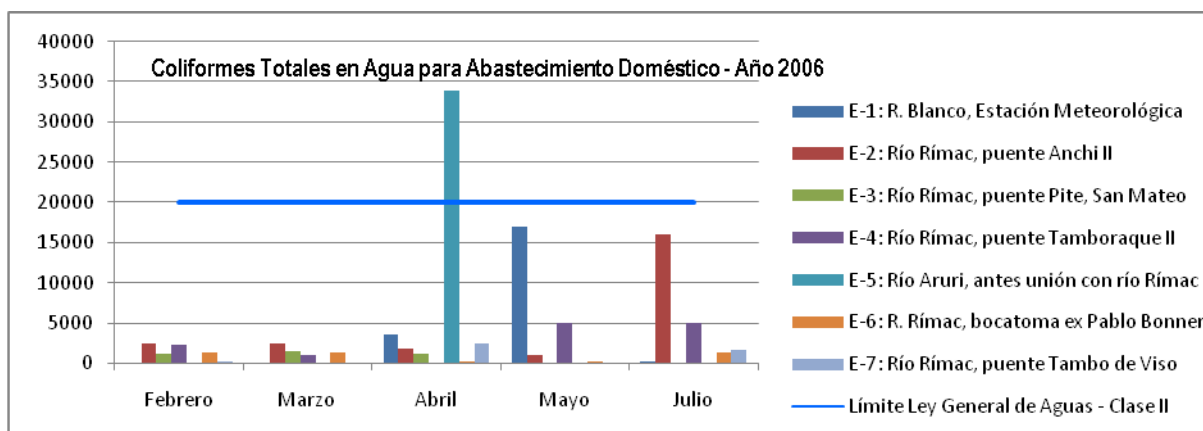


Tabla 164  
Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	900	34	>16000	28000	1600	1600	1100	49	79	1400
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	16000	>1600	>16000	1300000	9000	9000	220000	47000	350	920000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	3000	900	>1600	>1600	>1600	>16000	22000	1700	1700	1600
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	9000	9000	>1600	>1600	16000	16000	9000	35000	2800	2200
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	30	240	160000	240		16000	8	130	33	45
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	240	30000	90000	90000	2800	2	80	920000	1700	16000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	240	28000	280	170	80	900	2800	2200	14000	130
LMP Ley General de Aguas - Clase II		20000									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 134

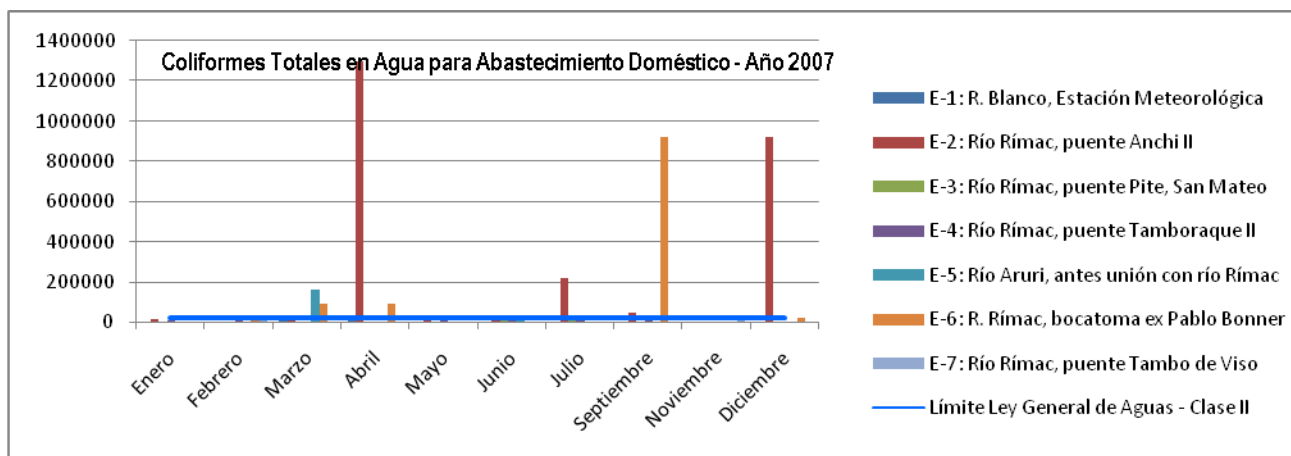
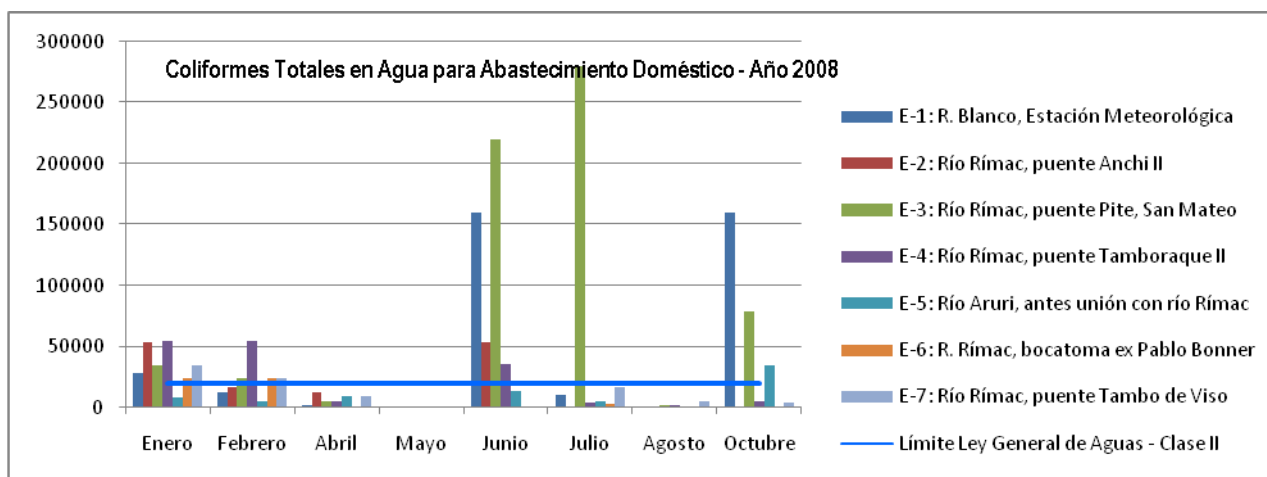


Tabla 165  
Promedios Mensuales de Coliformes Termotolerantes (NMP/dL) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	28000	13000	1700	1100	160000	11000	1300	160000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	54000	17000	13000	94	54000	21	540	460
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	35000	24000	4900	790	220000	280000	1600	79000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	54000	54000	4900	280	35000	3500	920	4600
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7900	4900	9200	790	13000	5400	920	35000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	24000	24000	2	2	7	3500	1300	280
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	35000	24000	9200	110	790	17000	5400	4600
LMP Ley General de Aguas - Clase II		20000							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 135



### Resultados Obtenidos de los Coliformes Totales para Uso de Agua con Fines de Abastecimiento Doméstico

De acuerdo a la comparación realizada entre los promedios mensuales de los coliformes totales y el límite máximo permisible de la clase II de la Ley General de Aguas, se tiene que desde el año 2004 hasta el año 2008 las concentraciones de este parámetro han sido cambiantes a lo largo de los meses del año; así tenemos que para el año 2004 el valor más alto que superó el LMP se registró en el mes de septiembre en la estación E-2 con un valor de 900000 NMP/dL; en el año 2005 el valor más alto se registró en el mes de febrero en la estación E-2 con un valor de 2000000 NMP/dL; en el 2006 todos los valores promedios de cada una de las estaciones estuvieron por debajo del LMP solo en la estación E-5 en el mes de abril se excedió el LMP a diferencia de otros años donde casi todos los valores excedían el límite máximo permisible; en el año 2007 el valor más alto se reportó en el mes de abril en la estación E-2 con un valor de 1300000 NMP/dL; en el año 2008 el máximo valor se obtuvo en el mes de julio en la estación E-3 (Río Rímac, puente Pite) con un valor de 280000 NMP/dL; cabe mencionar que la estación E-2 (Río Rímac, puente Anchi) fue la que presentó las mayores concentraciones que excedían el LMP en casi todos los años de registro.

### Análisis de los Coliformes Totales en Función a la Clase III de la Ley General de Aguas

El análisis de la calidad de las aguas con fines de riego de vegetales y bebida de animales respecto a la presencia del parámetro microbiológico de coliformes totales ha sido realizado en función al límite máximo permisible de la clase III de la Ley General de Aguas, la cual establece un valor máximo de 5000 NMP/dL. A continuación se presentan los resultados promedios mensuales obtenidos para los coliformes totales en cada estación de muestreo.

Tabla 166  
Valores Promedios Mensuales de Coliformes Totales (NMP/dL) – Año 2004

Estación	Ubicación	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	350	50000	11000	80000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	28000	900000	11000	1600
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	2800	220000	15000	1600
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	11000	280000	46000	13000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	220	9000	2400	500
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1400	14000	11000	9000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	9000	110000	110000	350
LMP Ley General de Aguas - Clase III		5000			

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 136

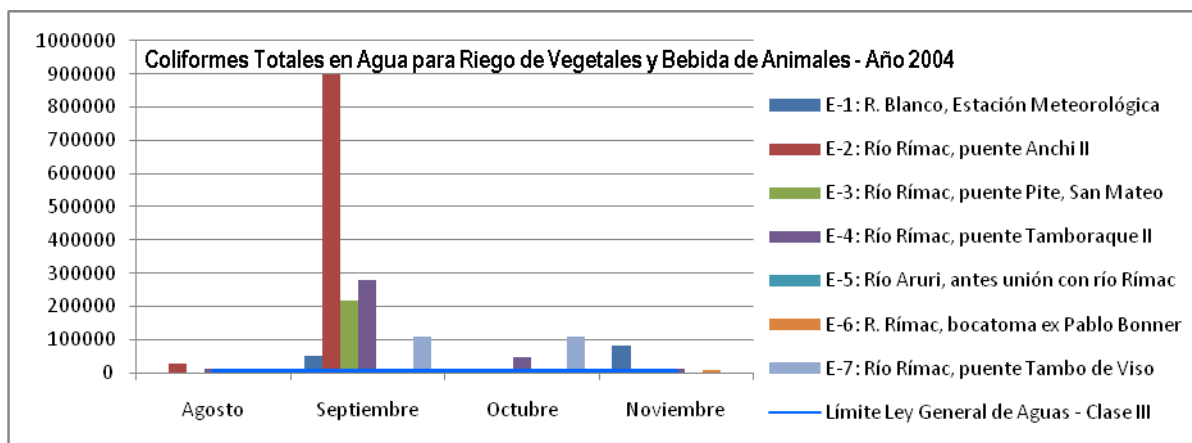


Tabla 167

**Valores Promedios Mensuales de Coliformes Totales (NMP/dL) – Año 2005**

Estación	Ubicación	feb-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	200	100000	1000	9000	2000	4000	200000	20000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2000000	4000	40	9000	1000	2000	1000000	80000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	5000	8000	200000	50000	900	2000	50000	5000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2000	8000	200000	100000	5000	200000	200000	500000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	200	900	200000	10000	200	200	80000	100000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	3000	900	20000	9000	5000	20000	50000	20000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	300	2000	500000	4000	200	2000	90000	20000
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>5000</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 137

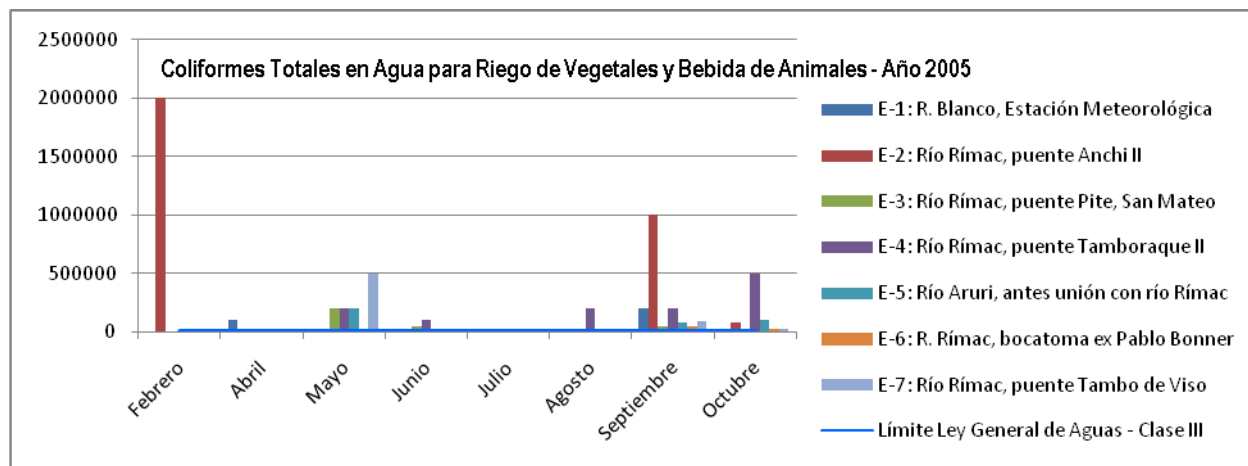


Tabla 168

**Valores Promedios Mensuales de Coliformes Totales (NMP/dL) – Año 2006**

Estación	Ubicación	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jul-06
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	14	8	3500	17000	240
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	2400	2400	1700	900	>16000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1100	1400	1100	80	34
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	2400	1100	110	5000	5000
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	90	30	34000	80	23
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	1300	1300	220	140	1300
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	110	8	2400	70	1600
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>5000</b>				

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 138

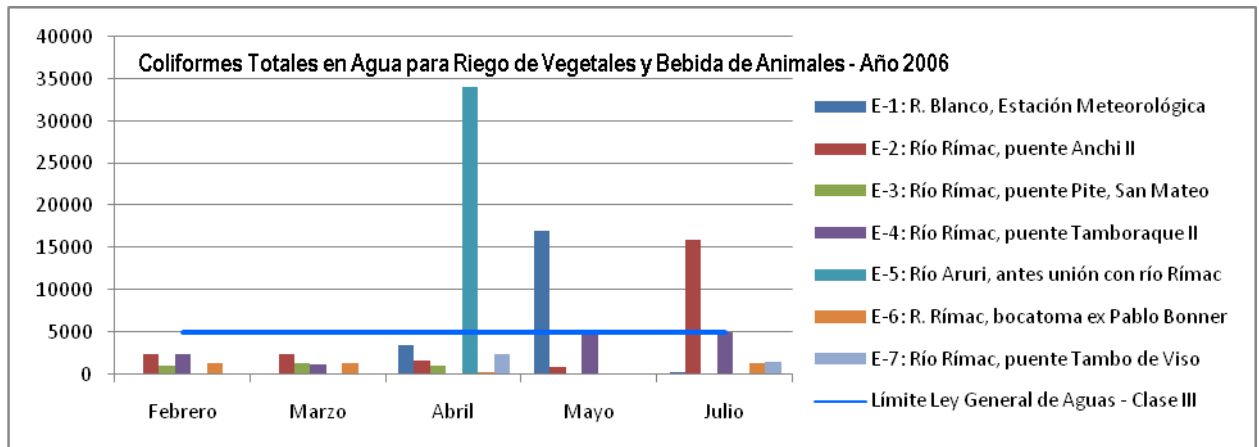


Tabla 169

Valores Promedios Mensuales de Coliformes Totales (NMP/dL) – Año 2007

Estación	Ubicación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	sep-07	nov-07	dic-07
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	900	34	>16000	28000	1600	1600	1100	49	79	1400
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	16000	>1600	>16000	1300000	9000	9000	220000	47000	350	920000
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	3000	900	>1600	>1600	>1600	>16000	22000	1700	1700	1600
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	9000	9000	>1600	>1600	16000	16000	9000	35000	2800	2200
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	30	240	160000	240		16000	8	130	33	45
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	240	30000	90000	90000	2800	2	80	920000	1700	16000
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	240	28000	280	170	80	900	2800	2200	14000	130
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>5000</b>									

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 139

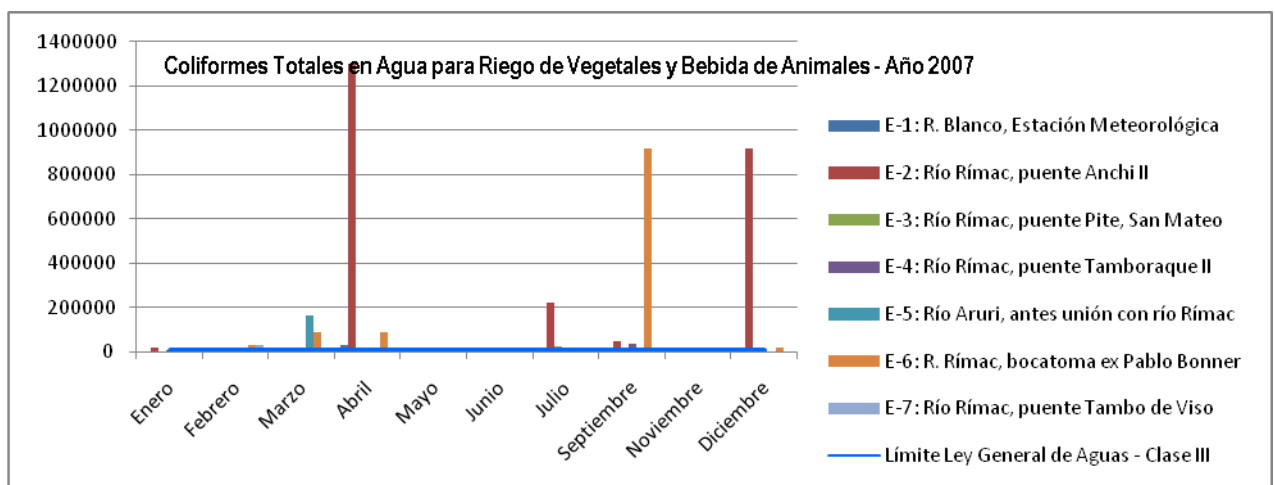


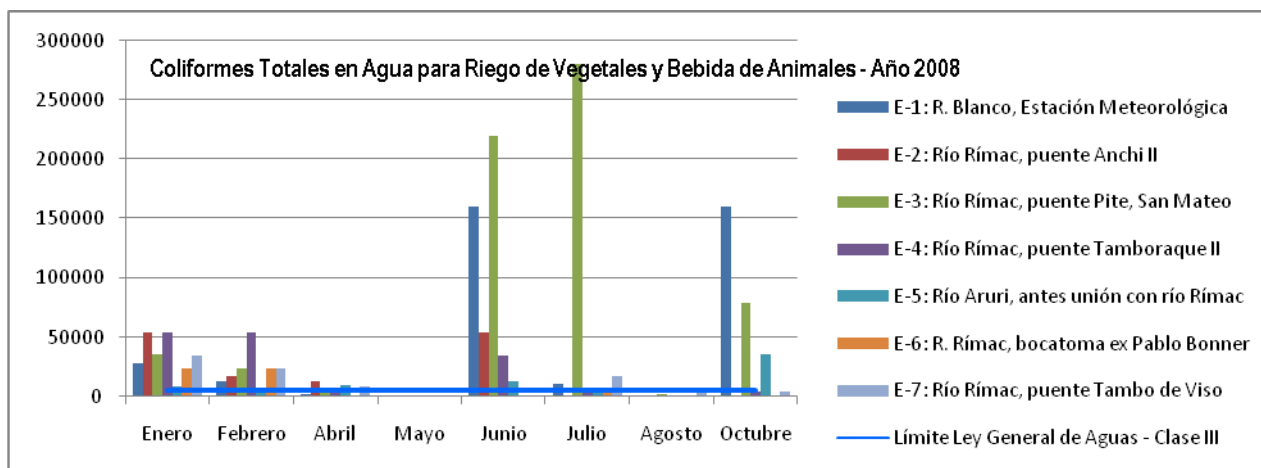
Tabla 170

**Valores Promedios Mensuales de Coliformes Totales (NMP/dL) – Año 2008**

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	28000	13000	1700	1100	160000	11000	1300	160000
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	54000	17000	13000	94	54000	21	540	460
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	35000	24000	4900	790	220000	280000	1600	79000
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	54000	54000	4900	280	35000	3500	920	4600
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	7900	4900	9200	790	13000	5400	920	35000
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	24000	24000	2	2	7	3500	1300	280
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	35000	24000	9200	110	790	17000	5400	4600
<b>LMP Ley General de Aguas - Clase III</b>		<b>5000</b>							

Los valores resaltados en amarillo exceden el límite máximo permisible.

Gráfica 140



**Resultados Obtenidos de los Coliformes Totales para Uso de Agua con Fines de Riego de Vegetales y Bebida de Animales**

De acuerdo a los resultados obtenidos de los valores promedios mensuales en cada una de las estaciones de muestreo y el límite máximo permisible de la clase III de la Ley General de Aguas se tiene que desde el año 2004 hasta el año 2008 las concentraciones han tenido un comportamiento variante en todos los años de registro, es así que para el año 2004 la máxima concentración que superó el LMP se registró en el mes de septiembre en la estación E-2 con un valor de 900000 NMP/dL; en el año 2005 la máxima concentración se registró en el mes de febrero en la estación E-2 con un valor

de 2000000 NMP/dL; en el año 2006 se excedió el límite máximo permisible en los meses de abril en la estación E-5 con un valor de 34000 NMP/dL, en el mes de mayo en la estación E-1 con un valor de 17000 NMP/dL y en el mes de julio en la estación E-2 con un valor mayor a 16000 NMP/dL; en el año 2007 el máximo valor se registró en el mes de abril en la estación E-2 con un valor de 1300000 NMP/dL y finalmente en el año 2008 la concentración más alta se presentó en el mes de julio en la estación E-3 con un valor de 280000 NMP/dL. Para el año 2008 se observa una gran concentración de coliformes totales en las aguas del río Rímac y sus afluentes principales.

Respecto a las *Fuentes de Contaminación Minera*, es necesario mencionar que la calidad del agua del distrito de San Mateo se ve influenciada por la presencia de empresas mineras ubicadas en la parte alta de los distritos de Chicla y Casapalca tales como Minera Los Quenuales, Minera Casapalca y Perú Bar S.A, las cuales tienen una influencia directa en la calidad del agua del área de estudio; así como de las empresas ubicadas en el mismo distrito de San Mateo las cuales presentan en sus asientos mineros pilas de desmonte, pilas de lixiviación, relaves, labores mineras subterráneas, las cuales son fuentes primarias de generación de drenaje ácido de roca.<sup>27</sup> Otra de las fuentes importantes de contaminación del agua es la presencia de pasivos ambientales mineros que existen en la zona tales como bocaminas, relaveras e infraestructuras inventariados en el año 2006 por el Ministerio de Energía y Minas, los cuales son fuentes de generación de drenaje ácido. El drenaje ácido está caracterizado por presentar concentraciones elevadas de metales (disueltos o totales)<sup>28</sup> evidenciándose en los elementos tales como el plomo, cadmio, zinc y cobre que se encuentran en concentraciones elevadas en los cursos de agua superficial del distrito de San Mateo, de acuerdo a los reportes anuales presentados por la autoridad competente y a los Estándares Nacionales de Calidad del Agua.

---

<sup>27</sup> Ministerio de Energía y Minas. Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas. Lima. Pág. 11.

<sup>28</sup> Ministerio de Energía y Minas. Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas. Lima. Pág. 4.



Las estaciones de muestreo en el área de estudio permiten tener un registro de la evolución de la calidad del agua a lo largo del tiempo y los cambios ocurridos ante la descarga de vertimientos mineros.

La tabla de que se presentan a continuación muestra la ubicación de las empresas mineras respecto a las estaciones de muestreo para poder determinar el origen de los cambios ocurridos en la calidad del agua.

Tabla 171

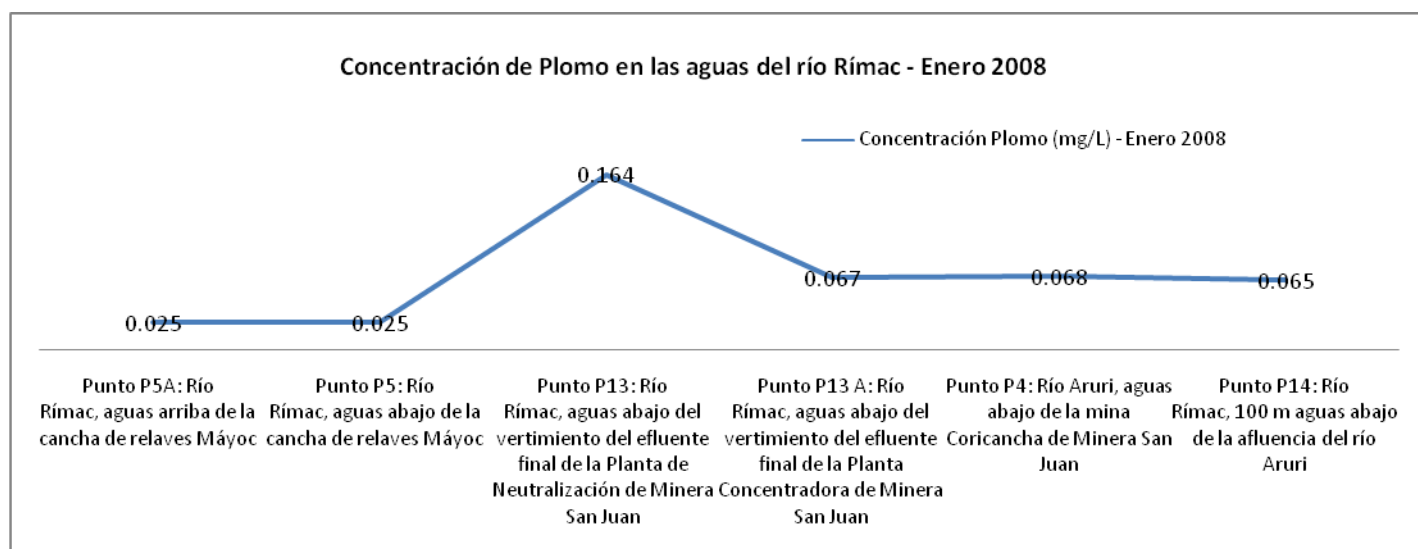
**Estaciones de Muestreo de Calidad del Agua y Ubicación de Empresas Mineras**

<b>Estación de Muestreo</b>	<b>Cercanía / Influencia de empresa minera respecto a la estación de muestreo</b>	<b>Ubicación de empresa minera respecto a un recurso hídrico</b>	<b>Producción de la empresa minera</b>
E-1: Río Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A.	En la margen izquierda del río Rímac en el paraje Parcochacra.	Caliza y cal.
E-2: Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	En esta estación se registra la descarga de los vertimientos de las empresas mineras ubicadas en la parte alta, tales como: Minera Los Quenuales (Chicla) y Perubar S.A. (Chicla).	Ambas empresas están ubicadas en el curso alto del río Rímac.	Ambas empresas producen Cu, Zn, Ag y Pb.
E-3: Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	Se registra la calidad del agua en la ciudad de San Mateo producto de la unión del río Rímac proveniente de la parte alta con descargas de las empresas mineras ubicadas en Chicla y Casapalca con el río Blanco que se une por la margen izquierda.		
E-4: Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	Se registra la calidad del agua, aguas abajo de la ciudad de San Mateo.		
E-5: Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	Tiene cercanía a Minera Tamboraque, Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A (producción de arcilla) y a Negociación Minera El Molino S.A.	La mina Tamboraque está localizada aguas arriba del punto de unión entre la quebrada Párac y el río Rímac.	Cobre, Plata, Plomo, Zinc y Oro.
		Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A está ubicada entre las quebradas Párac, Pachampajana y Pitoranga en la margen izquierda del río Rímac	Arcilla.
		Negociación Minera El Molino S.A, está ubicada cerca al río Tonsuyoc y a la quebrada Huayca.	Plata
E-6: R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	Se registra la calidad del agua producto de la unión del río Rímac con el río Aruri.		
E-7: Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	Se registra la calidad del agua en la salida del distrito de San Mateo.		

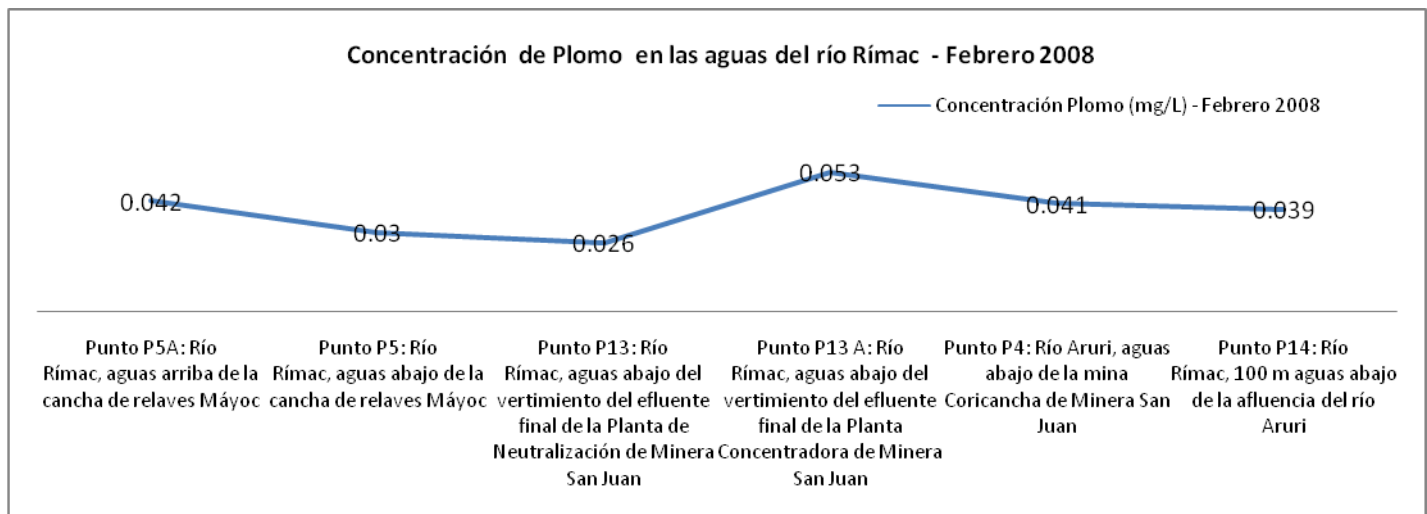
A continuación se presenta a manera de ejemplo las variaciones obtenidas en las concentraciones de Plomo en las aguas del río Rímac, cuando este cuerpo receptor no recibe el aporte de vertimientos mineros y cuando las aguas reciben el aporte de los efluentes finales de Minera San Juan en los siguientes puntos de muestreo:

- **Punto P5A:** Cuerpo receptor río Rímac, aguas arriba de la cancha de relaves Máyoc.
- **Punto P5:** Cuerpo receptor río Rímac, aguas abajo de la cancha de relaves Máyoc.
- **Punto P13:** Cuerpo receptor río Rímac, aguas abajo del vertimiento del efluente final de la planta de neutralización.
- **Punto P13A:** Cuerpo receptor río Rímac, aguas abajo del vertimiento del efluente final de la planta concentradora.
- **Punto P4:** Cuerpo receptor río Aruri, aguas abajo de la mina Coricancha.
- **Punto P14:** Cuerpo receptor río Rímac, 100 m aguas abajo de la afluencia del río Aruri.

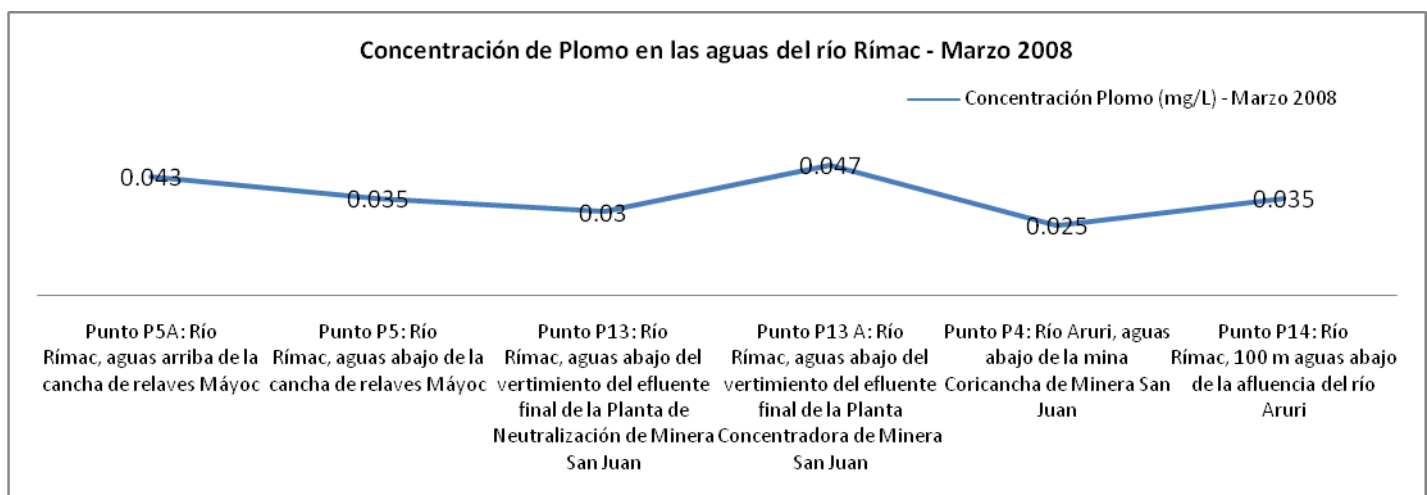
Gráfica 141



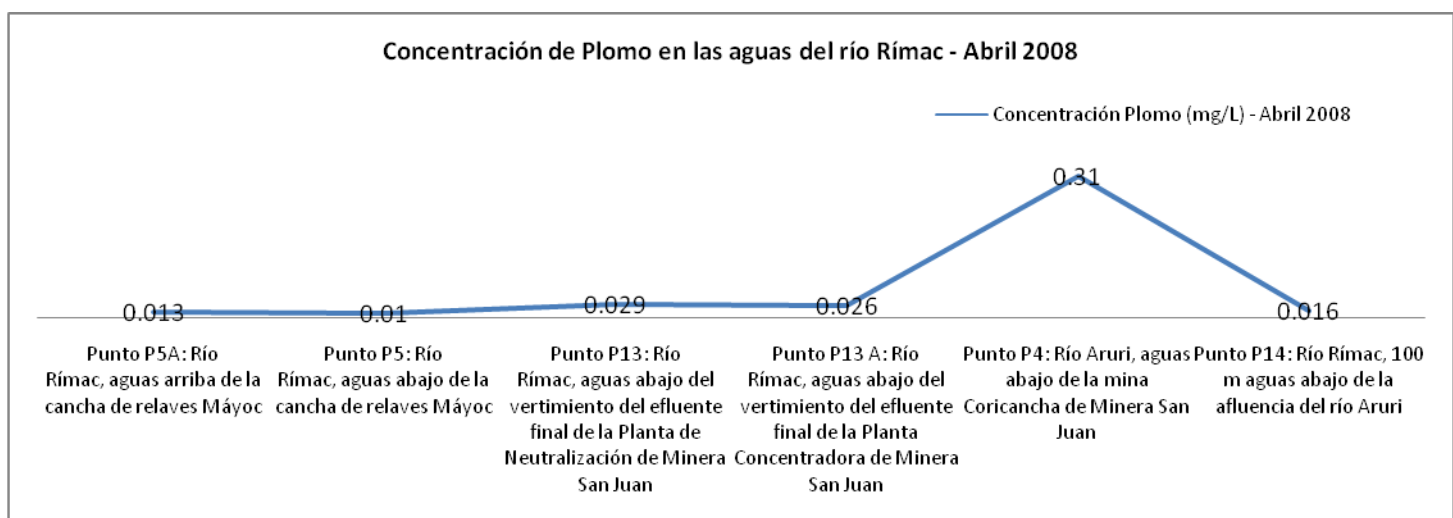
Gráfica 142



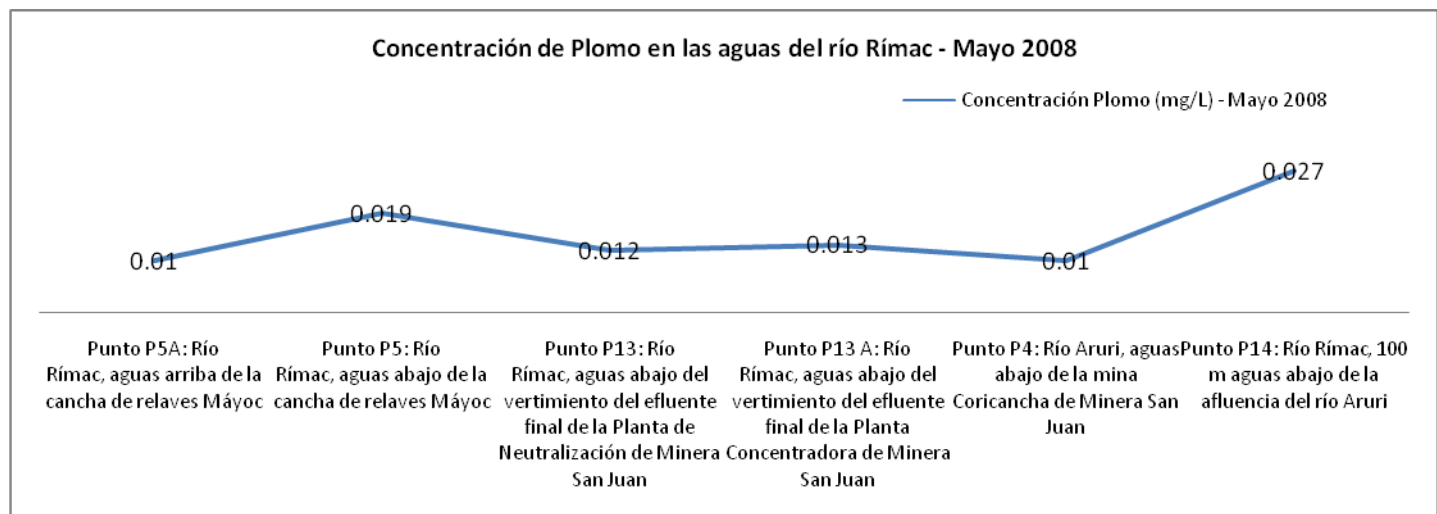
Gráfica 143



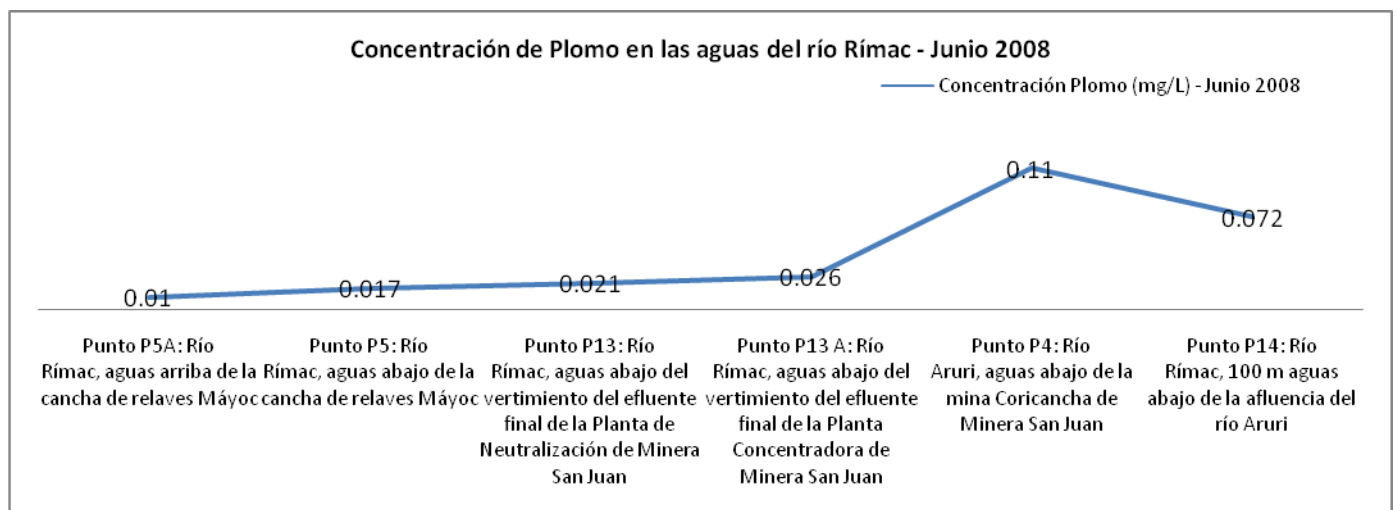
Gráfica 144



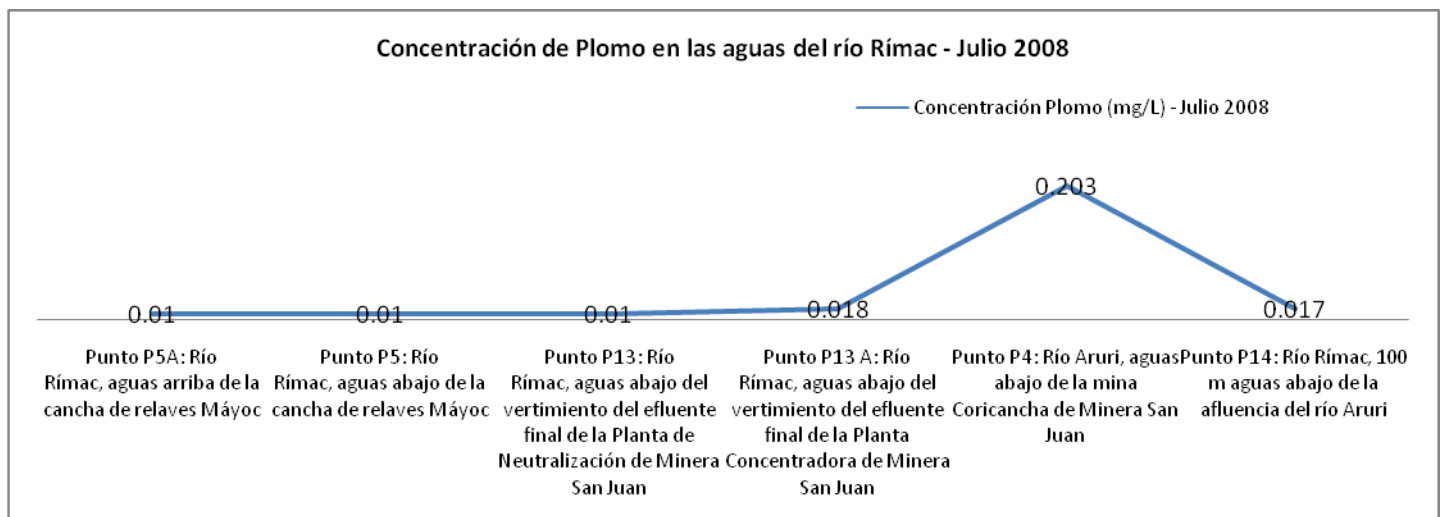
Gráfica 145



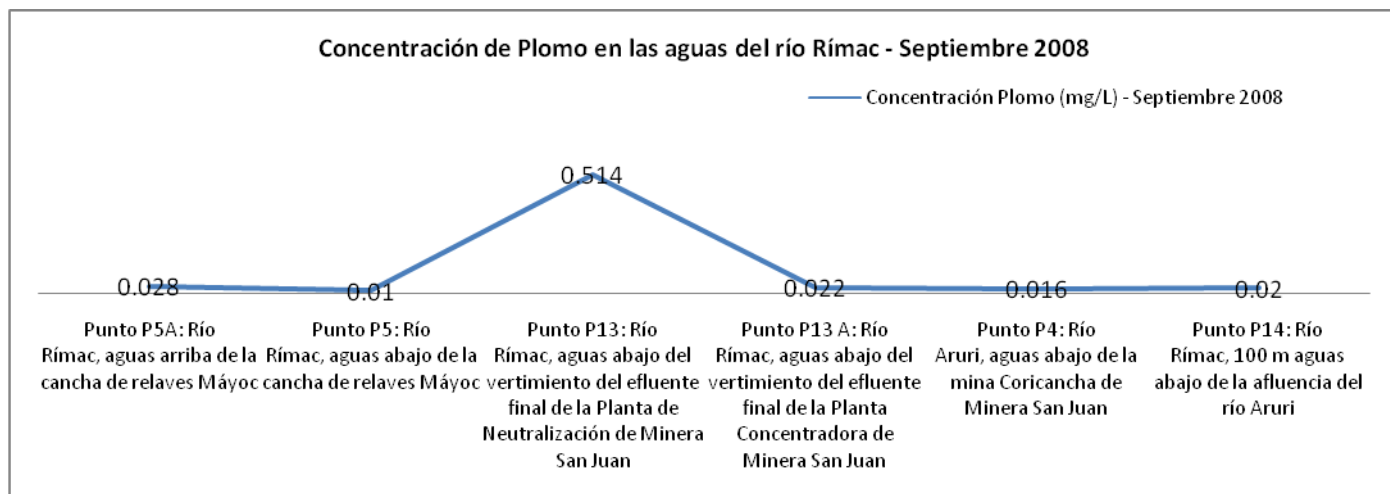
Gráfica 146



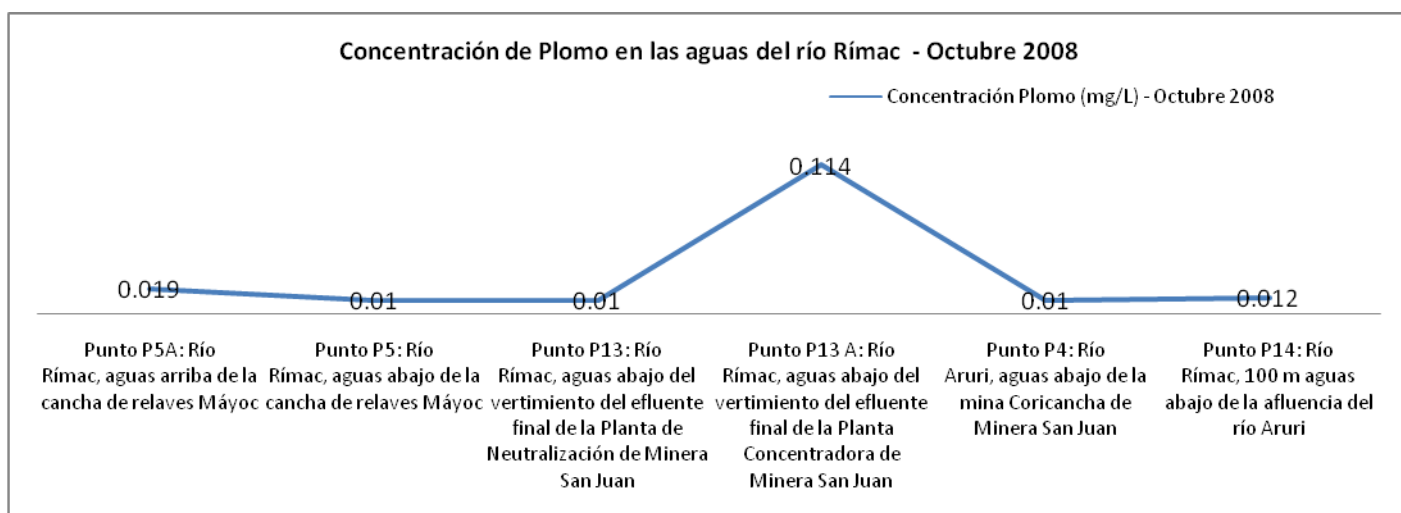
Gráfica 147



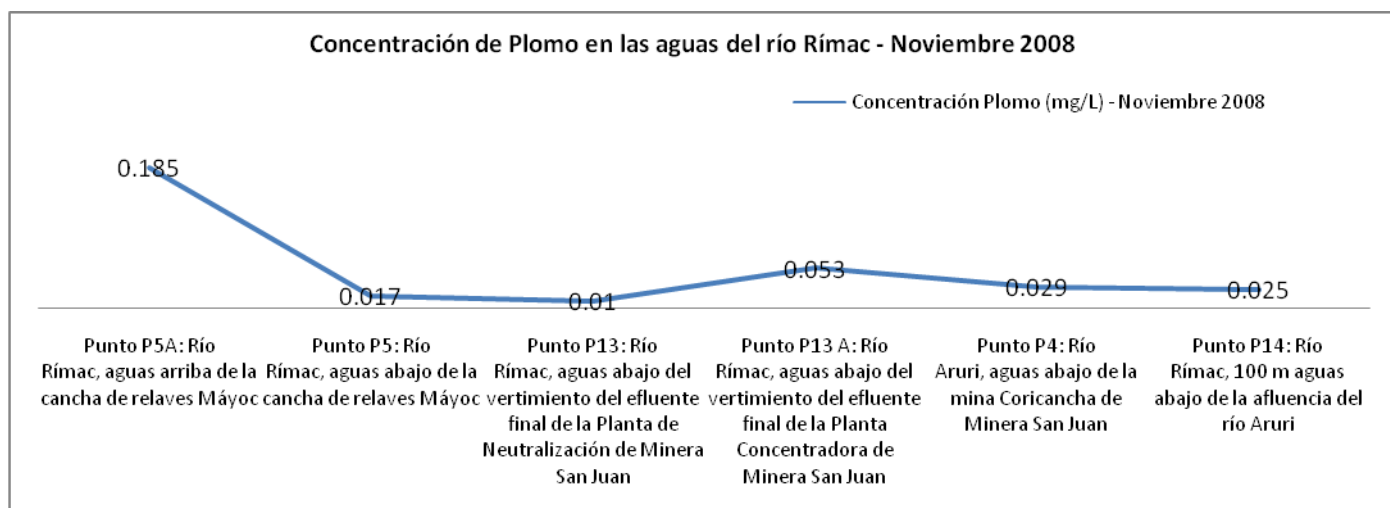
Gráfica 148



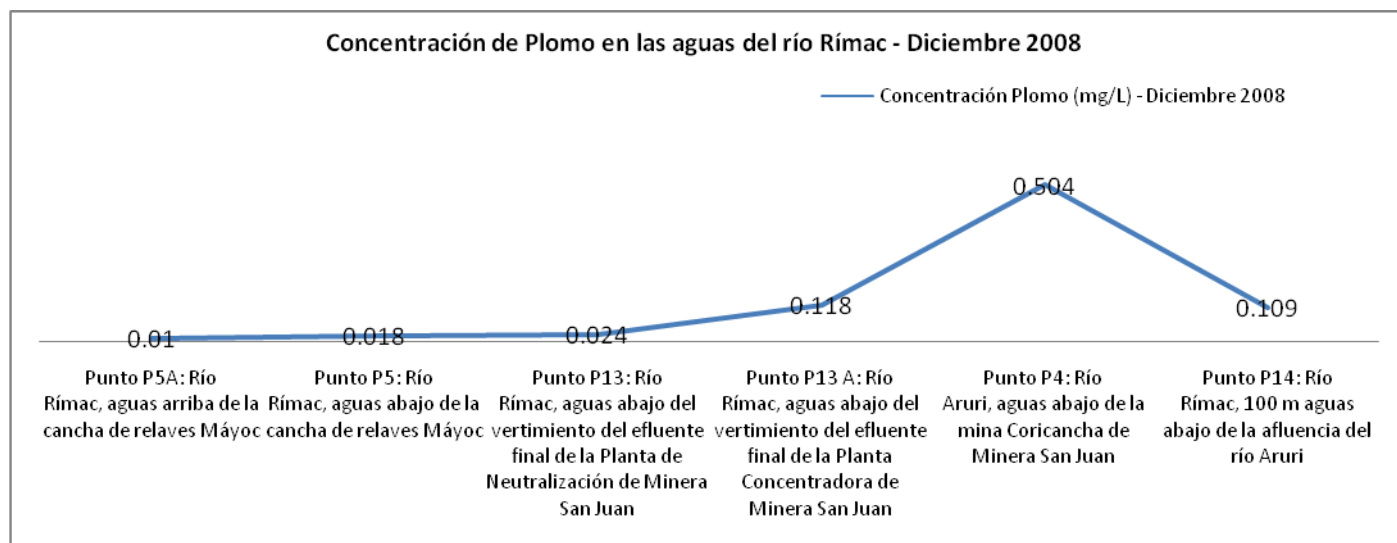
Gráfica 149



Gráfica 150



Gráfica 151



Como se puede observar en las gráficas, las concentraciones de plomo son mayores en los puntos que registran las operaciones de Minera San Juan tales como el Punto P-13 que registra la calidad del agua aguas abajo del vertimiento del efluente final de la Planta de Neutralización, el punto P-13A que registra la calidad del agua aguas abajo del vertimiento del efluente final de la Planta Concentradora, el punto P4 ubicado aguas abajo de la mina Coricancha y el punto P-14 que registra la calidad del agua aguas abajo de la confluencia del río Aruri con el río Rímac, en el cual se podrá determinar algún posible impacto generado por el vertimiento de los efluentes de mina y de la Planta Concentradora.

Respecto al cumplimiento de la normativa legal, las concentraciones promedios mensuales registradas no exceden los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minerometalúrgicos expresados en la R.M N° 011-96-EM/VMM. Sin embargo es necesario mencionar que los puntos de muestreo se encuentran en cuerpos receptores por lo cual su medición se debe realizar en metales totales y no en metales disueltos ya que la medición en metales disueltos es muchos menor a la medición en metales totales; lo cual se evidencia en la comparación realizada entre los resultados de metales disueltos y metales totales en las mismas estaciones de muestreo.

Para la *Identificación de los Elementos de Mayor Riesgo Ambiental* respecto a la calidad del agua, se ha tomado como referencia los resultados de monitoreo del año 2008 realizados por la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, en base a lo cual se ha elaborado el siguiente cuadro donde se identifican los elementos que tienen mayor riesgo ambiental o que exceden en gran medida los estándares de calidad de agua hasta los elementos que no representan ningún riesgo para el ecosistema acuático.

Tabla 172

**Situación de la Calidad del Agua para Fines de Abastecimiento Doméstico, Riego de Vegetales y Bebida de Animales – Año 2008**

<b>Calificación de Riesgo Ambiental</b>		
	Todos los valores exceden el estándar de calidad de agua (90 a 100% de los resultados).	
	Varios valores exceden el estándar de calidad de agua.	
	Algunos valores exceden el estándar de calidad de agua.	
	Ningún valor excede el estándar de calidad de agua.	
<b>Parámetro</b>	<b>Uso: Abastecimiento Doméstico</b>	<b>Uso: Riego de Vegetales y Bebida de Animales</b>
pH	Solo <b>dos valores</b> presentaron concentraciones más ácidas de lo permitido en el ECA de Canadá.	No se tiene un parámetro de referencia.
Oxígeno Disuelto	En el último monitoreo del año 2005 <b>todas las concentraciones fueron óptimas respecto a lo establecido en la LGA.</b>	En el último monitoreo del año 2005 <b>todas las concentraciones fueron óptimas respecto a lo establecido en la LGA.</b>
Demanda Biológica de Oxígeno	<b>Ningún valor excede</b> el estándar de la LGA.	<b>Ningún valor excede</b> el estándar de la LGA.
Sólidos Totales Disueltos	En el último monitoreo del año 2005 <b>ningún valor excedió</b> el estándar de la OMS.	En el último monitoreo del año 2005 <b>ningún valor excedió</b> el estándar de Canadá.
Plomo	<b>Todos los valores excedieron</b> el estándar de la OMS y de la LGA.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.
Cadmio	<b>Todos los valores excedieron</b> el estándar de la OMS y de la LGA.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.
Cobre	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.
Cromo	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la OMS ni de la LGA.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.
Zinc	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.
Hierro	<b>Algunos valores excedieron</b> el estándar de Canadá.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de Canadá.
Manganeso	<b>Algunos valores excedieron</b> el estándar de la OMS.	<b>Varios valores excedieron</b> el estándar de Canadá.
Arsénico	<b>Algunos valores excedieron</b> el estándar de la OMS.	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar de la LGA.



(Continuación de la tabla anterior)

<b>Parámetro</b>	<b>Uso: Abastecimiento Doméstico</b>	<b>Uso: Riego de Vegetales y Bebida de Animales</b>
Coliformes termotolerantes	<b>Varios valores excedieron</b> el estándar de la LGA.	<b>Varios valores excedieron</b> el estándar de la LGA.
Coliformes totales	<b>Varios valores excedieron</b> el estándar de la LGA.	<b>Varios valores excedieron</b> el estándar de la LGA.

Fuente: Elaboración propia. 2009.

De acuerdo a la calificación del riesgo ambiental basada en los estándares de la OMS, estándares canadienses y estándares de calidad de la Ley General de Aguas, se concluye que los elementos que representan mayor riesgo en la salud de las personas y al medio ambiente son el **Plomo, Cadmio, Manganeso, Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales.**

Dado que el ámbito de estudio corresponde al tramo del río Rímac ubicado en el distrito de San Mateo y sus tributarios principales como son el río Blanco y el río Aruri o quebrada Párac, se ha elegido hacer una comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua expresados en el Decreto Supremo N° 002-2008 – MINAM del 31 de julio de 2008, referido a la Categoría 3 para el Riego de Vegetales y Bebida de Animales, a fin de tener algunos indicadores que nos demuestren el estado de la calidad del agua del río Rímac como componente ambiental y conocer cuáles serían los elementos de mayor riesgo ambiental para el ecosistema acuático; lo cual se describe a continuación.

Tabla 173

**Situación de la Calidad del Agua para Fines de Riego de Vegetales y Bebida de Animales – Año 2008**

Calificación del Riesgo Ambiental		Descripción
1		Todos los valores exceden el estándar de calidad de agua (90 a 100% de los resultados).
2		Varios valores exceden el estándar de calidad de agua (40 a 89% de los resultados).
3		Algunos o muy pocos valores exceden el estándar de calidad de agua (10 % a 39% de los resultados).
4		Ningún valor excede el estándar de calidad de agua
Parámetro	Estándar de Calidad de Agua - ECA	Categoría III: Riego de Vegetales y Bebida de Animales
Ph	6,5 a 8,5	<b>Muy pocos valores</b> presentaron concentraciones más ácidas de lo permitido en el estándar.
Oxígeno Disuelto	> = 4 mg/L	En el último monitoreo del año 2005 <b>todas las concentraciones fueron óptimas</b> respecto a lo establecido en el estándar.
Demanda Biológica de Oxígeno	< 15 mg/L	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar permitido.
Plomo	0,05 mg/L	<b>Pocos valores</b> excedieron el estándar.
Cadmio	0,005 mg/L	<b>Todos los valores excedieron el estándar.</b>
Cobre	0,2 mg/L	<b>Ningún valor excedió</b> el estándar.
Cromo	0,1 mg/L	<b>Ningún valor excedió</b> el ECA.
Zinc	2 mg/L	<b>Ningún valor excedió</b> el ECA.
Fierro	1 mg/L	<b>Algunos valores</b> excedieron el estándar.
Manganeso	0.2 mg/L	<b>Varios valores</b> excedieron el estándar.
Arsénico	0,05 mg/L	<b>Muy pocos valores</b> excedieron el estándar.
Coliformes termotolerantes	1000 NMP/100 mL	<b>La mayoría de resultados</b> excedieron el estándar.
Coliformes totales	5000 NMP/100 mL	<b>La mayoría de resultados</b> excedieron el estándar.

Fuente: Elaboración propia. 2009.

De la evaluación de resultados de calidad del agua del año 2008, se ha obtenido que los elementos metálicos que han presentado concentraciones mayores a lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad del Agua para la Categoría III referido al Riego de

Vegetales y Bebida de Animales, son el **Cadmio, Plomo, Arsénico, Manganeso y Fierro**, como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 174  
Valores Promedios Mensuales del Cadmio (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,010	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Estándar Nacional de Calidad del Agua para la Categoría III		0,005								

Como se observa en la tabla los números en negrita exceden el ECA y según se aprecia **todos los promedios mensuales del cadmio exceden al ECA en todas las estaciones de muestreo y meses del año, ya que todas sus concentraciones reportadas tienen un valor de 0.01 mg/L y su valor permitido es de 0.005 mg/L.**

Tabla 175  
Valores Promedios Mensuales del Plomo (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,050	0,077	0,025	0,025	0,025	0,037	0,025	0,042	0,074
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,054	0,038	0,025	0,025	0,029	0,025	0,025	0,197	0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,056	0,080	0,025	0,025	0,025	0,025	0,042	0,168	0,094
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,062	0,081	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,030	0,025
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,025	0,076	0,025	0,025	0,025	0,044	0,025	0,025	0,025
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,027	0,130	0,025	0,025	0,025	0,039	0,025	0,025	0,119
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,025	0,119	0,025	0,025	0,025	0,060	0,028	0,042	0,031
Estándar Nacional de Calidad del Agua para la Categoría III		0,05								

Como se observa en la tabla **de 63 resultados obtenidos 15 de ellos exceden el ECA con concentraciones que oscilan entre 0.054 mg/L a 0.197 mg/L siendo su valor aceptable de 0.05 mg/L.**

Tabla 176  
Valores Promedios Mensuales del Arsénico (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,018	0,010	0,008	0,007	0,007	0,005	0,006	0,010	0,010
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,015	0,012	0,008	0,004	0,008	0,000	0,000	0,013	0,013
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,015	0,014	0,009	0,006	0,008	0,005	0,008	0,012	0,012
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,016	0,011	0,010	0,027	0,011	0,002	0,030	0,028	0,028
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,021	0,019	0,008	0,012	0,011	0,004	0,013	0,011	0,011
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,023	0,070	0,010	0,014	0,024	0,016	0,040	0,057	0,057
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,022	0,062	0,008	0,027	0,031	0,014	0,028	0,026	0,026
<b>Estándar Nacional de Calidad del Agua para la Categoría III</b>		0,05								

Como se observa en la tabla **de 63 resultados obtenidos 04 de ellos exceden el ECA con concentraciones que oscilan entre 0.057 mg/L a 0.070 mg/L siendo su valor aceptable de 0.05 mg/L.**

Tabla 177  
Valores Promedios Mensuales del Manganeso (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	0,778	0,460	1,705	0,321	1,180	0,500	2,220	1,307	0,410
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	0,524	0,135	1,718	0,025	1,250	0,025	0,025	0,539	0,025
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	0,546	0,495	1,736	0,175	1,340	0,594	0,393	0,627	0,403
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	0,538	0,473	1,791	1,090	0,107	0,152	0,139	0,103	0,127
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,337	0,457	1,657	0,217	0,099	0,142	0,074	0,072	0,115
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,349	0,485	1,752	0,542	0,069	0,024	0,025	0,025	0,393
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	0,340	0,490	1,711	0,865	0,237	0,146	0,128	0,113	0,142
<b>Estándar Nacional de Calidad del Agua para la Categoría III</b>		0,2								

Como se observa en la tabla **de 63 resultados obtenidos 39 de ellos exceden el ECA con concentraciones que oscilan entre 0.217 mg/L a 2.220 mg/L siendo su valor aceptable de 0.2 mg/L.**

Tabla 178  
Valores Promedios Mensuales del Fierro (mg/L) – Año 2008

Estación	Ubicación	ene-08	feb-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08
E-1	R. Blanco, Estación Meteorológica, C. Central Km 101.	1,227	0,969	0,654	0,246	0,307	0,277	0,156	0,199	0,562
E-2	Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100.	1,296	1,140	0,684	0,103	0,346	0,164	0,204	0,942	0,251
E-3	Río Rímac, puente Pite, San Mateo, C. Central Km 95.	1,514	1,295	0,713	0,139	0,312	0,251	0,283	0,854	0,892
E-4	Río Rímac, puente Tamboraque II, C. C. Km 90.5	1,555	1,144	0,750	0,123	0,055	0,134	0,169	0,161	0,336
E-5	Río Aruri, antes unión con río Rímac, C.C. Km 89	0,842	1,101	0,687	0,038	0,065	0,203	0,066	0,057	0,157
E-6	R. Rímac, bocatoma ex Pablo Bonner, C.C. Km 89.	0,949	2,328	0,777	0,364	0,117	0,112	0,113	0,038	3,674
E-7	Río Rímac, puente Tambo de Viso, C. C. Km 83.5.	1,128	2,637	0,827	0,133	0,150	0,142	0,208	0,209	0,630
Estándar Nacional de Calidad del Agua para la Categoría III		1								

Como se observa en la tabla **de 63 resultados obtenidos 12 de ellos exceden el ECA con concentraciones que oscilan entre 1.101 mg/L a 3.674 mg/L siendo su valor aceptable de 1.00 mg/L.**

De acuerdo a la evaluación de los resultados en función a los Estándares Nacionales de Calidad de Agua, se ha obtenido que para el uso de Riego de Vegetales y Bebida de Animales los elementos metálicos que requieren la aplicación de técnicas de tratamiento correctivas son el **Cadmio, el Plomo, el Arsénico, el Manganeso y el Fierro**, respecto a los parámetros biológicos los **Coliformes Termotolerantes y Totales**; así como un control en los niveles de **pH** ya que en algunas estaciones de muestreo se han registrado concentraciones más ácidas de lo permitido por la normativa nacional.

El diseño estadístico aplicado para determinar la contaminación del agua por metales pesados ha sido la Prueba t de Student, la cual es una prueba estadística que permite analizar muestras simples menores a 30 datos; lo cual se detalla en el Anexo 4 de la presente tesis.

## CAPÍTULO V. MÉTODOS DE MITIGACIÓN

En el capítulo anterior se ha identificado que los iones metálicos contaminantes que requieren ser tratados para mejorar la calidad del agua son: Plomo, Cadmio, Arsénico, Manganeseo y Fierro; por lo cual se ha realizado la identificación de la tecnología más conveniente para el tratamiento de efluentes mineros que permita obtener aguas de buena calidad, a fin de que puedan ser utilizadas sin ningún riesgo para fines de riego de vegetales y bebida de animales cumpliendo así las nuevas exigencias de la normatividad ambiental en lo que respecta a la calidad del agua.

Luego de la revisión y análisis de las diferentes tecnologías disponibles para el tratamiento de descontaminación de agua por metales, se ha seleccionado a la tecnología HDS (Lodos de Alta Densidad) por ser una tecnología que se usa en todo el mundo para el tratamiento de metales de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro, ya que representa la mejor tecnología convencional disponible para el tratamiento de efluentes mineros; y asimismo presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione ningún efecto adverso en los componentes del ecosistema, permitiendo así cumplir con los estándares fijados por las actuales exigencias de la normativa ambiental.

HDS, tiene como base de su proceso la adición de cal a lodos recirculados con la finalidad de incrementar el pH para generar condiciones necesarias que permitan la densificación del lodo, convirtiéndolo en un material denso, granular, de libre drenaje, con una viscosidad relativamente baja; mediante reacciones de neutralización, oxidación y precipitación producidas en los tanques reactores.

Algunas de las características importantes de esta tecnología son las siguientes:

- HDS, remueve los metales de una forma química estable.

- La remoción de las concentraciones de metales presentes en el efluente (tanto disueltos como totales) se efectúa mediante reacciones de neutralización.
- La generación de un lodo denso garantiza que el sistema tenga una elevada carga de sólidos, lo que ayuda a la coprecipitación de metales para producir un efluente con concentraciones de metales muy bajas.
- La presencia de fierro y manganeso en el efluente ayuda al proceso mediante la coprecipitación de otros metales hasta obtener concentraciones bajas de arsénico, cadmio y zinc.

Para la aplicación de la tecnología seleccionada (HDS), se ha seleccionado como caso de estudio al efluente final de Compañía Minera San Juan, ya que de acuerdo a sus resultados de monitoreo de agua se ha observado que hay un mayor incremento en las concentraciones de los metales en las aguas del Rímac luego de su vertimiento, en comparación con otros puntos de muestreo que presentan concentraciones menores; para lo cual se presenta a continuación una propuesta general basada en la caracterización del efluente, la que tiene como objetivo mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de la empresa mencionada así como de otras empresas polimetálicas de la zona que deseen incorporar mejoras en sus sistemas de gestión ambiental poniendo en práctica tecnologías que ofrecen los más altos estándares de calidad ambiental; beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del río Rímac.

## **5.1 Propuesta de Aplicación de la Tecnología HDS**

### **5.1.1 Objetivo General**

- Reducir las concentraciones de los elementos metálicos: Plomo, Cadmio, Arsénico, Manganeso y Fierro en las aguas del río Rímac del distrito de San Mateo.

### 5.1.2 Objetivo Específico

- Mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de Compañía Minera San Juan, ya que actualmente es una fuente emisora de vertimientos a las aguas del río Rímac.

Es necesario mencionar que se va a seguir realizando vertimientos a las aguas del Rímac, pero con efluentes tratados o descontaminados.

### 5.1.3 Caracterización del Efluente

El efluente resultante de las operaciones minero metalúrgicas de Compañía Minera San Juan, se caracteriza por tener un pH neutro a alcalino con valores que oscilan entre 7.5 a 8.1 unidades de pH. Como se observa el pH cumple con lo que se exige a las empresas mineras, sin embargo contiene elementos metálicos que para el ECA (Estándar de Calidad Ambiental) no cumple. Las concentraciones de los elementos metálicos han sido obtenidas del promedio anual para el año 2008, como se muestra a continuación.

Tabla 179  
Características del Efluente a Tratar

Parámetros	Unidades	Valor Promedio
pH	Unidades de pH	7,81
Sólidos suspendidos	mg/L	5,00
<b>Metales</b>		
Plomo	mg/L	0.05
Cadmio	mg/L	0.01
Arsénico	mg/L	0.03
Manganeso	mg/L	0.50
Fierro	mg/L	0.09
Cobre	mg/L	0.05
Zinc	mg/L	0.82
Cianuro	mg/L	0.02

Fuente: Valores obtenidos con los monitoreos mensuales de Compañía Minera San Juan.

Nota: Los metales están en concentraciones disueltas.



#### 5.1.4 Caudal del Efluente

Se ha tomado como referencia el caudal promedio máximo del efluente del año 2008 que es de 169 m<sup>3</sup>/h, como medida de seguridad a ser considerada en el diseño de la planta de tratamiento asumiendo este valor como máxima cantidad de agua que debe ser tratada por hora; ya que los valores más altos del caudal son registrados en las temporadas de enero a marzo, disminuyendo considerablemente en los demás meses del año.

#### 5.1.5 Criterios de Descarga de la Planta de Tratamiento

Los criterios de descarga que deberá cumplir la planta de tratamiento serán los Estándares Nacionales de Calidad de Agua para la Categoría III: Riego de Vegetales y Bebida de Animales, ya que el efluente resultante descarga directamente sobre las aguas del río Rímac.

Los criterios de descarga se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 180  
Criterios de Descarga de la Planta de Tratamiento

Elementos	Unidades	ECA- Categoría III <sup>(1)</sup>
Plomo	mg/L	0,05
Cadmio	mg/L	0,005
Cobre	mg/L	0,2
Cromo	mg/L	0,1
Zinc	mg/L	2
Fierro	mg/L	1
Manganeso	mg/L	0,2
Arsénico	mg/L	0,05

<sup>1</sup> Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Decreto Supremo 002-2008-MINAM.

Nota: Las concentraciones de los ECAS están en metales totales.

### **5.1.6 Costo Estimado**

#### **a) Costos de Capital**

El costo de capital incluye los costos para la construcción, instalación y puesta en marcha de la planta de tratamiento HDS.

El costo de capital ha sido obtenido tomando como referencia los costos obtenidos de la construcción de la planta de tratamiento HDS para la Refinería de Zinc de Cajamarquilla, la cual trabajó con un flujo de diseño de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ; por lo cual este costo ha sido actualizado y ajustado a las condiciones y requerimientos del efluente en estudio, dando un costo aproximado de 2 millones de dólares como máximo para un flujo promedio de  $169 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### **b) Costos de Operación**

Los costos de operación están basados en la funcionalidad de la planta de tratamiento en donde se incluye los gastos indispensables tales como consumo de cal, consumo de floculante y generación de lodos; que dan un valor aproximado de US\$ 164 995.60 anuales.

Para la obtención de los costos de operación, se ha tomado como referencia los criterios de diseño y los costos aproximados de operación del Estudio de Factibilidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas del Túnel Kingsmill; los cuales han sido ajustados a las condiciones y requerimientos del efluente de estudio.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. Desde el punto de vista geológico, el Grupo Rímac es la unidad estratigráfica predominante del distrito de San Mateo que abarca gran parte del cauce del río Rímac en este sector, el cual está constituido por un alto porcentaje de minerales ferromagnesianos lo cual se evidencia en la coloración rojizoviolácea de las rocas que la conforman por lo cual este factor físico natural condiciona la presencia de iones de hierro y manganeso en las aguas del río Rímac. Asimismo, la presencia de pirita en el área de estudio se debe a los Sulfuros Masivos Volcanogénicos de plomo, zinc y cobre pertenecientes al Cretácico Superior Paleoceno que conforman la provincia de Huarochirí lo cual se evidencia en la presencia de lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso producto de la oxidación de la pirita, la cual en interacción con el agua, el oxígeno y la acción de los agentes biológicos es un factor condicionante de la formación de aguas ácidas con la consecuente lixiviación de metales; por lo cual se tiene concentraciones de iones de plomo, zinc y cobre en las aguas del Rímac tal como lo demuestran los análisis de laboratorio.

De lo descrito en términos generales se concluye que los factores físicos químicos y biológicos determinan la presencia de iones metálicos en las aguas del río Rímac como factores independientes al desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo.

2. El análisis de la evolución de la calidad del agua de los últimos diez años demuestra que ha habido una reducción considerable en la concentración de los iones metálicos en las aguas del río Rímac, debido a la puesta en práctica de técnicas de tratamiento; sin embargo estas no han permitido precipitar los iones metálicos, ya que el análisis de calidad del agua del año 2008 demuestra que aún existen elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y hierro que requieren la aplicación de técnicas de tratamiento correctivas para poder cumplir las nuevas exigencias establecidas en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua en lo que respecta al uso del

riego de vegetales y bebida de animales, lo cual exige un mayor control y vigilancia por parte de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, como organismo encargado de la vigilancia de los recursos hídricos del Perú, así como de una fiscalización mas exhaustiva por parte de la autoridad competente en lo referente a la implementación y mejoras de los sistemas de tratamientos de efluentes mineros, los cuales son fuentes de vertimiento que influyen directamente sobre la calidad de las aguas del río Rímac con la finalidad de poder cumplir los objetivos nacionales de conservación del recurso hídrico.

3. Respecto a las fuentes de contaminación de los cursos de agua superficial, se ha obtenido que tanto la actividad minera como la existencia de pasivos ambientales mineros en la zona son los dos factores principales que generan la alteración de la calidad del agua del río Rímac producto de la descarga de vertimientos mineros, drenajes ácidos de mina; así como la generación de lixiviados originados por la presencia de relaveras y bocaminas dejadas por la antigua minería las que actualmente no vienen siendo manejadas por el Estado; lo cual se evidencia en las diversas afecciones en la salud que han presentado los pobladores de San Mateo teniendo como caso representativo el de los pobladores de Máyoc y Daza quienes presentaron concentraciones de plomo, arsénico y cadmio en su organismo en niveles mayores a lo permitido por encontrarse ubicados muy próximos a la relavera Máyoc; así como otros efectos en la salud tales como enfermedades dermatológicas y daños en el organismo; lo cual ha sido materia de investigación y análisis de diversas entidades del estado por conocer el estado real de la salud de los pobladores del distrito de San Mateo.
4. De la identificación de tecnologías disponibles sobre el tratamiento de efluentes mineros, se ha obtenido que la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad, es la que garantiza obtener efluentes que cumplan las actuales exigencias de la normativa ambiental, de acuerdo a su aplicación demostrada tanto nacional como internacionalmente en el tratamiento de efluentes con criterios de descarga a niveles de estándares de calidad ambiental, los cuales son los más óptimos para garantizar el cuidado y la protección de la calidad del agua de los cuerpos receptores.

## CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. Las aguas del río Rímac están destinadas para el uso de riego de vegetales y bebida de animales y no para fines de consumo humano; sin embargo el 14% de las viviendas del distrito de San Mateo carece de un sistema de agua potable viéndose en la necesidad de utilizar agua de los cursos superficiales como son el río Rímac y sus tributarios como el río Blanco y el río Aruri; por lo cual se recomienda que la municipalidad distrital gestione la instalación y puesta en marcha de un **sistema de tratamiento de agua potable** a fin de cubrir las necesidades de la población que carece de este sistema.
2. Se recomienda a las empresas mineras que operan en el distrito de San Mateo, que cuando realicen sus **monitoreos de agua** en los cuerpos receptores las concentraciones de los elementos metálicos estén expresadas en concentraciones totales y no en concentraciones de metales disueltos; ya que las concentraciones en metales disueltos siempre serán menores a los primeros; además las nuevas exigencias ambientales requieren el control de los elementos metálicos en cuerpos receptores en concentraciones de metales totales.
3. Se debe poner mayor atención en los sistemas de **tratamiento de aguas servidas** del distrito de San Mateo, ya que se ha registrado altas concentraciones de coliformes termotolerantes y totales para el año 2008 en las aguas del río Rímac, lo que indica que el método de tratamiento utilizado no está siendo eficaz en la remoción de los contaminantes biológicos lo cual se evidencia en sus altas concentraciones que exceden en gran medida los estándares establecidos.
4. Es necesario realizar un **manejo adecuado del ganado** en aquellas zonas que se dedican exclusivamente a la actividad ganadera, en lo que respecta a su ubicación y disposición de excretas, ya que este es considerado un factor aportante de contaminantes biológicos a las aguas del Rímac; los cuales son vertidos directamente por acción de la lluvia o de las corrientes de agua.

5. Es necesario que las autoridades competentes realicen un **estudio y caracterización de los pasivos ambientales mineros** del distrito de San Mateo, a fin de poder determinar los efectos causados en la calidad del agua del recurso hídrico del distrito de San Mateo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMEC. (2007). Estudio de Factibilidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Acidas del Túnel Kingsmill.
2. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. (2002). Guía para el Ciudadano sobre Extracción por Solventes. 2 págs.
3. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. (2003). Guía para el Ciudadano sobre el Tratamiento con Carbón Activado. 2 págs.
4. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (2000). Manganese. Resumen de Salud Pública del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. 12 págs.
5. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (2007). La Toxicidad del Plomo. Estudio de Caso en Medicina Ambiental. 88 págs.
6. ASESORES Y CONSULTORES MINEROS S.A. (1996). Estudio de Impacto Ambiental de la Planta de Beneficio Tonsuyoc.
7. CÁCEDA VIDAL R. (2000). La Lucha del Pueblo de San Mateo de Huanchor en Defensa de la Ecología y el Medio Ambiente en el Perú. Documento de Antecedentes Históricos. Primera Edición. Lima. 197 págs.
8. COMPAÑÍA MINERA SAN JUAN S.A. Informes Anuales de Monitoreos de Aguas
9. CONCENTRADORA DE MINERALES FORTUNA S.A.C. Estudio de Impacto Ambiental para el Traslado y Disposición Final de los Relaves de Máyo.

10. CONSULCONT S.A.C. (2003). Plan de Cierre Temporal de la Mina Coricancha.
11. COREY GERMAN, A.C LUIZ. (1987). Manganese. Manual de Vigilancia Ambiental y Epidemiológica de la Serie de Vigilancia 6. Metepec, México. 54 págs.
12. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. Informes Anuales de Monitoreo de Aguas de la Cuenca del Río Rímac de los años 2000 al 2008. Lima.
13. GRECA INGENIERÍA Y SERVICIOS S.A.C. (2003). Programa de Adecuación y Manejo Ambiental de la Planta de Beneficio Cimalsa.
14. INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO, METALÚRGICO DEL PERU. Geología del Cuadrángulo de Matucana. Boletín.
15. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. (2007). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Huarochirí. San Mateo.
16. INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES. (1996). Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona del Proyecto Marcapomacocha. Lima. Perú.
17. INSTITUTO DE SALUD Y DEL TRABAJO. (2002). Minería y Salud Ambiental en la Cuenca del Rímac. Estudio de Caso de la Población de Máycoc, en San Mateo de Huanchor. Primera Edición. Lima. 38 págs.
18. LARIZBEASCOA & ZAPATA S.A.C. (2002). Estudio de Impacto Ambiental de la Nueva Cancha de Relaves Aruri para la Concentradora de Minerales Fortuna.
19. M. RODRÍQUEZ-SERRANO, N. MARTÍNEZ-DE LA CASA, M.C. ROMERO-PUERTAS, L.A. DEL RÍO, L.M. SANDALIO. (2008). Toxicidad del Cadmio en Plantas. En Revista Técnica y Científica de Medio Ambiente de la Asociación Española De Ecología Terrestre. Granada, España. Págs. 139-146.



20. MINERA INTERANDINA DE CONSULTORES S.R.Ltda. (2001). Estudio de Impacto Ambiental para la Explotación de Minerales No Metálicos en la Región Centro del Perú, Proyecto: Nuestra Señora de las Mercedes.
21. MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2008). Estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S N° 002-2008-MINAM. Norma Legal. Lima.
22. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1997). Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del río Rímac. Lima.
23. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2007). Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas. Primera Edición. Vol 22. Lima. 153 págs.
24. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1997). Guía Ambiental de Manejo de Agua en Operaciones Minerometalúrgicas. Lima. 24 págs.
25. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2006). Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Informe Preliminar. Lima. 41 págs.
26. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1996). Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades Minerometalúrgicas. R.M N° 011-96-EM/VMM. Norma Legal. Lima.
27. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua. Guía Técnica. Lima. 56 págs.
28. MINISTERIO DE SALUD. (2000). Evaluación de la Salud realizada a la Población Aledaña a la Cancha de Relaves de Minera Lizandro Proaño S.A. Lima. 44 págs.
29. PROGRAMA APGEP-SENREM. (2002). Convenio USAID-CONAM. Participación Comunitaria en el Monitoreo de las Actividades Mineras: Los Casos de Vicos y de San Mateo de Huanchor. Investigación sobre Política y Legislación Ambiental. Documento de Sistematización. Primera Edición. Lima. 156 págs.

30. PROGRAMA APGEP-SENREM. (2002). Convenio USAID-CONAM. Plan de Gestión Ambiental para el Desarrollo Sustentable en el distrito de San Mateo de Huanchor. Primera Edición. Lima. 117 págs.
31. RAMOS WILLY, CARLOS G, LISBETH P. (2006). Queratosis Arsenical en Pobladores Expuestos a Relaves Mineros en altura en San Mateo de Huanchor: Sinergismo entre Arsenicismo y Daño Actínico Crónico. Estudio de Caso de Dermatología Peruana. Vol 16 (1). Lima. Págs. 41-45.
32. ROJAS RICARDO A. (1986). Contaminación del Río Rímac por Metales Pesados Provenientes de la Industria Minera. Lima. 76 págs.
33. SANÍN LUZ HELENA, COSSÍO T, ROMIEU I, AVILA M. (1998). Acumulación de Plomo en Hueso y sus Efectos en la Salud. Artículo de Revisión del Centro de Investigación en Sistemas de Salud del Instituto Nacional de Salud Pública. Morelos, México. Págs. 359-367.
34. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. Información Hidrológica y Metereológica de la Zona de Matucana.
35. SVS INGENIEROS S.A. (2005). Plan de Cierre del Depósito de Relaves de Máyc de Wiese Sudameris Leasing S.A.
36. VECTOR PERÚ S.A.C. (2006). Plan de Cierre de la Unidad Minera Tamboraque de Compañía Minera San Juan.
37. WILLIAM T, OLIVERA P. Determinación de Cromo, Manganese, Fierro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc y Arsénico en Aguas del Río Rímac por Fluorescencia de Rayos-X en Reflexión Total. Resumen del Estudio. Lima. Págs. 73-76.

# ANEXOS

## ANEXO I

### PASIVOS AMBIENTALES DE ORIGEN MINERO EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

PASIVO	ESTE	NORTE	CONCESION	TITULAR
Bocamina Alberto	357998	8692618	Nuevo Tamboraque 3	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina Alberto	357998	8692618	Angelito N° 4	A.A.A Minera S.A
Bocamina Alberto	357998	8692618	Angelito N° 5	A.A.A Minera S.A
Bocamina Alberto	357998	8692618	Angelito N° 6	A.A.A Minera S.A
Bocamina Alberto	357998	8692618	Demasía Angelito N° 14	A.A.A Minera S.A
Bocamina Alberto	357998	8692618	Esperada 96	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina Mi Perú	356169	8693560	Dos Victorias	Norma Gómez Arango
Bocamina Mi Perú	356169	8693560	Fray Martin de Porres	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina Mi Perú	356169	8693560	San Isidro Labrador de Huarochirí	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina Mi Perú	356169	8693560	Fray Martin de Porres N° 3	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina Mi Perú	356169	8693560	San Carlos	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina Mi Perú	356169	8693560	Otto	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina San Luis	356994	8693694	Herriot A1	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina San Luis	356994	8693694	Demasía N° 2	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina San Luis	356994	8693694	Nuevo Tamboraque 3	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina San Luis	356994	8693694	Sulu I	Luis Enrique Apaza Toro
Bocamina San Luis	356994	8693694	Dos Victorias	Norma Gómez Arango
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398	Chamanjune 1	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398	San Isidro Labrador de Huarochirí	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398	Fray Martin de Porres N° 7	S.M.R.L Fray Martin de Porres N°7 de Lima
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398	Desagravio	Compañía Minera Chacahuaro S.A
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398	Desagravio 2	Compañía Minera Chacahuaro S.A
Bocaminas en la quebrada Viso	354832	8693398	Odisea 4	Corporación Minera Castrovirreyna S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Germania	Negociación Minera y Metalúrgica Lizandro A. Proaño
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Perú	Negociación Minera El Molino S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Sin Complemento	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	San Judas	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Proaño N° 8	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Proaño N° 17	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Perú Tres	Negociación Minera El Molino S.A
Bocamina C. M Germanio				

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>PASIVO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>CONCESION</b>	<b>TITULAR</b>
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	Proaño N° 42	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	San Ceremonia 4	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	363920	8686480	S.M.P N° 55	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C. M Germanio	355700	8693486	Chamanjune	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	Fray Martin de Porres	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	San Carlos	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	Otto	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	Fray Martin de Porres N° 4	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	San Juan Segundo	Mina La Girondina S.A
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	Fray Martín de Porres N° 2	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Fray Martin	355700	8693486	San Isidro Labrador de Huarochirí	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina C.M Paica	357596	8694258	Demasia N° 2	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina C.M Paica	357596	8694258	Hidalgo	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina C.M Paica	357596	8694258	Fortuna 97	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina C.M Paica	357596	8694258	Coripallana	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina C.M Paica	357596	8694258	Jorge Chávez	S..M.R.L Jorge Chávez de Lima
Desmante de mina C.M Paica	357596	8694258	Huascar Noveno	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	355017	8693440	Fray Martin de Porres N° 7	S.M.R.L Fray Martin de Porres N°7 de Lima
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	355017	8693440	Desagravio 2	Compañía Minera Chacahuaro S.A
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	355017	8693440	San Isidro Labrador de Huarochirí	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	355017	8693440	Chamanjune 1	Sociedad Minera de Recursos Linceares Magistral
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	355017	8693440	Odisea 4	Corporación Minera Castrovirreyna S.A
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	366602	8684685	La Exitosa	Sandor Ternyik Ternyik
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	366602	8684685	El Bucarán -ERGR	S.M.R.L El Bucarán -ERGR
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	366602	8684685	S.M.P N° 100	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C.M Perú Matucana (A)	366602	8684685	Bucarán ERGR 1	S.M.R.L El Bucarán -ERGR
Bocamina C.M San Mateo	367158	8684920		
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	La Yapa Segunda	Negociación Minera El Molino S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Perú	Negociación Minera El Molino S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Sal si Puedes 9	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	La Yapa N° 5	Negociación Minera El Molino S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Proaño N° 32	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Continuación Bélgica	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Bélgica 1A	Sindicato Minero Pacococha S.A

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>PASIVO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>CONCESION</b>	<b>TITULAR</b>
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Chicago	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina C.M Silveria	364350	8686972	Tranca	Sindicato Minero Pacococha S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Colquipallana 2	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Nuevo Tamboraque 2	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	San José	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Coricancha 98	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Aruri Once	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Probable	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Aruri 9	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Aruri 8	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Tarugo	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Alberto	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Animas	Minera Lizandro Proaño S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Santa Rosa de Colquipallana	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Colquirallana (A)	359102	8695228	Demasía Coricancha	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina De Huaqui	361945	8694350	Huaqui N° 3	Sindicato Minero Pacococha S.A
Desmante de mina De Huaqui	361945	8694350	Juanita II	Minera San Fidel S.A
Desmante de mina De Huaqui	361945	8694350	Juanita VII	Minera San Fidel S.A
Desmante de mina Esperada	357108	8692528	Nuevo Tamboraque 3	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Esperada	357108	8692528	Dos Victorias 2	Norma Gómez Arango
Desmante de mina Esperada	357108	8692528	Angelito N° 9	A.A.A Minera S.A
Millotingo (Relavera 1, 2)	366104	8691120	Aleiram Avril	S.M.R.L Virgen Purísima N° 1 de Huaraz
Millotingo (Relavera 1, 2)	366104	8691120	Antashaira N° 2	Sindicato Minero Pacococha S.A
Millotingo (Relavera 3)	366104	8691120	Carla II	Negociación Minera El Molino S.A
Millotingo (Relavera 3)	366104	8691120	Fulvia GH Tres	Negociación Minera El Molino S.A
Millotingo (Relavera 3)	366104	8691120	Aleiram Avril	S.M.R.L Virgen Purísima N° 1 de Huaraz
Millotingo (Relavera 3)	366104	8691120	Millotingo	Negociación Minera El Molino S.A
Desmante de mina Monterrey 1	360673	8701140	Casapalca 15	Empresa Minera Los Quenuales S.A
Desmante de mina Monterrey 1	360673	8701140	Nelson Segundo	Hugo Rene Revoredo García Calderón
Desmante de mina Monterrey 1	360673	8701140	Tardo Pero Llego	Compañía de Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín
Relavera San Donato	357003	8694166	Sarita	Sindicato Minero Viso S.A
Relavera San Donato	357003	8694166	Fortuna 97	Wiese Sudameris Leasing S.A

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

<b>PASIVO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>CONCESION</b>	<b>TITULAR</b>
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Muz	Ulloa Arteaga Asociados S.A.C
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Nuevo Tamboraque 2	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Coricancha 98	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Aruri 17	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Aruri 15	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Aruri 4	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Aruri 2	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Esperanza N° 5	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Yahuar Huaccac	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Catalina	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmonte de mina Rinconada (A)	358940	8696115	Aruri 23	Wiese Sudameris Leasing S.A
Bocamina S.M. Unidad Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430	B.J 21	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina S.M. Unidad Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430	B.J 11	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina S.M. Unidad Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430	Proaño N° 38	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina S.M. Unidad Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430	S.M.P N° 19	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina S.M. Unidad Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430	S.M.P N° 52	Sindicato Minero Pacococha S.A
Bocamina S.M. Unidad Pacococha S.A/Unidad Carolina	364748	8689430	San Jorge 1	Jorge Félix Palomino Flores
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620	Aleiram Avril	S..M.R.L Virgen Purísima N° 1 de Huaraz
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620	Diez de Mayo	Sindicato Minero Pacococha S.A
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620	Huarochirí	S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620	S.M.P N° 52	Sindicato Minero Pacococha S.A
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620	Diez de Mayo N° 4	Sindicato Minero Pacococha S.A
Relave S.M.R.L Planta Concentradora Huarochirí	365450	8689620	Diez de Mayo N° 5	Sindicato Minero Pacococha S.A

**CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, SECTOR DE SAN MATEO, AFECTADO POR LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

(Continuación de la tabla anterior)

Desmante de mina Victoria	358436	8693706	Nuevo Tamboraque 3	Wiese Sudameris Leasing S.A
Desmante de mina Victoria	358436	8693706	Demasia Angelito N° 11	A.A.A Minera S.A
Desmante de mina Victoria	358436	8693706	Angelito N° 8	A.A.A Minera S.A
Desmante de mina Victoria	358436	8693706	Veintiocho de julio	Compañía Minera El Barón S.A
Desmante de mina Victoria	358436	8693706	Ollantaytambo	Compañía Minera El Barón S.A

Fuente: Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Resolución Ministerial N° 290-2006-MEM/DM; con actualización del inventario publicado en marzo de 2010.

Nota: Todos los pasivos están en condición de inactivos, excepto el pasivo C. M San Mateo que está en condición de abandonado.



## ANEXO II

### TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES MINEROS

La tabla que se presenta a continuación muestra las tecnologías de tratamiento de efluentes mineros más usadas para descontaminar aguas con metales pesados, en lo referente a sus características, inconvenientes de aplicación y su aplicación en proyectos mineros en el Perú.

Tecnología	Reactivos para Neutralización	Características	Aplicación en Proyectos Mineros	Inconvenientes
Neutralización	Caliza	Bajo costo, facilidad y accesibilidad de uso.	Minera Aurífera Retamas S.A. MARSÁ	No puede producir niveles de pH lo suficientemente alto (mayor a 5,0) como para precipitar metales como el zinc, manganeso, níquel y cadmio; ya que para ello requeriría la aplicación complementaria de cal o soda cáustica.
	Cal	Fácil y seguro de manejar, efectivo y relativamente económico	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Unidad de Producción de Julcani	Genera grandes cantidades de lodos, por lo cual requiere un área mayor para instalación de las pozas de sedimentación ya que se necesitaría almacenar permanentemente el lodo generado del proceso. Requiere una alta inversión inicial en planta. El manganeso no puede ser tratado bajo este método ya que no cumpliría con los actuales estándares de calidad de agua.
	Bicarbonato de sodio	Fácil, seguro y más efectivo que la cal	Compañía Minera Santa Luisa S.A	Alto precio.
	Soda cáustica	Muy efectiva, tiempo de reacción rápida, permite tratar aguas con alto contenido de manganeso.	Compañía Minera ARES. S.A.	Alto precio, peligrosidad de manejo.
	Amonio	Precio más bajo que la soda cáustica	No hay experiencia de uso en el Perú	Difícil y peligroso de manejar, toxicidad por el medio, no está permitida en todos los países.

(Continuación de la tabla anterior)

<b>Tecnología</b>	<b>Reactivos para Neutralización</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicación en Proyectos Mineros</b>	<b>Inconvenientes</b>
Sulfuración	Sulfuro de sodio o sulfridrato de sodio	De aplicación para aguas con contenido de cobre, plomo, zinc, cromo, níquel y plata	No hay experiencia de uso en el Perú	No permite tratar aguas con contenido de Cd, As, Mn y Fe
Sedimentación	Cal, calcita	Tiene como finalidad la disminución del volumen de los sedimentos.	En la mayoría de minas del Perú, en los años 90.	No permite tratar aguas con contenido de Pb, Cd, As, Mn y Fe.
Oxidación/Aereación	Agua oxigenada, peróxido de hidrógeno, oxígeno, hipoclorito de sodio	Permiten mejorar el proceso de oxidación, permitiendo que el contaminante metálico pueda ser eliminado en un sistema de pH más bajo.	Minera Antamina S.A.	---
Reducción	Carbonato de calcio (neutralización), anhídrido sulfuroso (precipitación)	Se aplica para el tratamiento de metales como cobre, oro, selenio, fierro y zinc.	Compañía Minera Santa Rosa S.A. COMARSA	No permite tratar aguas con contenido de Pb, Cd, As y Mn.
Intercambio Iónico	Uso de resinas de intercambio de aniones y cationes	Principalmente utilizado para la recuperación de cobre. Requiere tratamiento y disposición de efluentes de desecho.	Minera Yanacocha S.R.L	---
Carbón Activado	Uso de filtros con carbón activado.	Adsorción de químicos a la superficie y poros de los gránulos del carbón activado.	Minera Yanacocha S.R.L.	Generalmente usado para el tratamiento de aguas contaminadas con moléculas orgánicas; tales como: Aceite mineral, BTEX, Poli-hidrocarburos aromáticos (PACs), (Cloruro) Fenol. Solo se aplica en ciertos tipos de metales y en pequeñas cantidades.

(Continuación de la tabla anterior)

<b>Tecnología</b>	<b>Reactivos para Neutralización</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicación en Proyectos Mineros</b>	<b>Inconvenientes</b>
Filtración y ósmosis inversa		Permite remover casi en su totalidad los sólidos suspendidos y disueltos.	Minera Yanacocha S.R.L.	Es costoso. Genera formación de soluto o salmuera.
Ablandamiento químico	Cal, carbonato de sodio	Principalmente utilizado para eliminar sales minerales de calcio y magnesio para fines de uso de agua potable.	En la mayoría de minas en el Perú en los años 90	No es aplicable para tratar elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y hierro.
HDS: Lodos de Alta Densidad	Cal y floculantes	Remueve los metales en una forma química estable. Permite obtener concentraciones muy bajas de metales por lo cual se podría cumplir con las actuales exigencias de la normativa en calidad de agua. Permite tratar el manganeso.	Barrick Misquichilca; Unidad de Producción de Orcopampa, Compañía de Minas Buenaventura. S.A.A.	---
DNC: Proceso de Neutralización y Coagulación Dinámica	Relaves finos	Bajo costo	Compañía Minera Volcan	El relave fino tiene muy baja basicidad en comparación con la cal, por lo cual se tendría que utilizar grandes cantidades para realizar la neutralización, lo que a su vez generaría grandes volúmenes de lodo cuya disposición es necesaria. La presencia de metales lixiviables y compuestos orgánicos en los relaves podrían transferirse a la misma agua que está siendo tratada.

### **ANEXO III**

## **CÁLCULOS PARA LA OBTENCIÓN DEL CONSUMO DE CAL, CONSUMO DE FLOCULANTE Y GENERACIÓN DE LODOS**

### **A) Cálculo del Consumo de Cal Anual**

**Referente:** 0.15 gr Cal se consume para tratar 1L de agua.

- El efluente a tratar tiene un caudal promedio de 169 m<sup>3</sup>/h.
- El volumen acumulado de agua al año es de 1 480 440.00 m<sup>3</sup> que es igual a 1 480 440 000.00 L.

$$\begin{array}{l} 0.15 \text{ gr cal} : 1 \text{ L de agua} \\ \text{Cantidad de cal} : 1\,480\,440\,000 \text{ L} \end{array}$$

Se obtiene un valor de 222 066 000 gr de Cal, que es igual a **222.066 TN de cal al año.**

### **B) Cálculo de Costos por el Consumo de Cal**

**Referente:** 130 dólares es el costo de 1 TN de cal.

El costo para 222 TN de cal es de \$ **28 860 dólares** (gasto anual).

### **C) Cálculo del Consumo de Floculante**

**Referente:** 2 mg de floculante se requiere para 1L de agua.

- El volumen acumulado de agua al año es de 1 480 440 000.00 L.
- Para el volumen que tenemos necesitamos 2 960 880 000 mg de floculante, que es igual **2.96 TN de floculante al año.**

### **D) Cálculo de Costos por el Consumo de Floculante**

**Referente:** 4100 dólares es el costo de 1 TN de floculante.

El costo para 2.96 TN de floculante es de \$ **12 136 dólares** (gasto anual).

### **E) Cálculo de la Generación de Lodos**

**Referente:**

El tratamiento de 34 689 600 m<sup>3</sup> de efluente al año, tiene una generación de 30 000 m<sup>3</sup> de lodos.

- El volumen acumulado del efluente a tratar es de 1 480 440.00 m<sup>3</sup> anuales.
- Este volumen de agua tratada al año generaría **1280.30 m<sup>3</sup> de lodo anuales.**

### **F) Cálculo de Costos por el Tratamiento de los Lodos**

**Referente:** 8.0 dólares es el costo por el tratamiento de 1 m<sup>3</sup> de lodo.

El costo para 1280.30 m<sup>3</sup> de lodo es de **\$ 10 240 dólares** (gasto anual).

Tabla 181  
Costos Estimados Para La Etapa De Operación

<b>Flujo Promedio</b>	169	m <sup>3</sup> /h				
<b>Reactivos</b>	<b>Dosis</b>		<b>Consumo</b>		<b>Precio Unitario (Unidad US\$)</b>	<b>Costo Total (US\$)</b>
Cal	0,15	g/L CaO	222	TN/año	130	28860
Floculante	2	mg/L	2,96	TN/año	4100	12136
<b>Subtotal</b>						<b>40996</b>
<b>Personal de Mantenimiento y Operaciones</b>	<b>Mano de obra (h/día)</b>	<b>Total de Horas (h/a)</b>	<b>Mano de Obra (US\$/h)</b>	--	--	<b>Costo Total (US\$)</b>
Supervisor (1)	8	1920 (*)	10	--	--	19200
Operadores (3)	24	8760	6	--	--	52560
<b>Subtotal</b>						<b>71760</b>
<b>Capital para Operaciones y Mantenimiento</b>						<b>Costo Total (US\$)</b>
Asignación para análisis de campo						2000
Asignación para capacitaciones						2000
Asignación para suministros de mantenimiento						10000
<b>Subtotal</b>						<b>14000</b>
<b>Disposición de Lodos</b>	<b>Producción de Lodos (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Costo (US\$/m<sup>3</sup>)</b>	--	--	--	<b>Costo Total (US\$)</b>
Retiro, transporte y dispersión	1280	8	--	--	--	10240
Asignación para análisis						3000
Asignación para rehabilitación						10000
<b>Subtotal</b>						<b>23240</b>
<b>Subtotal de Costos de Operación Directos al Año</b>						<b>149996,00</b>
<b>Contingencias (10%)</b>						<b>14999,6</b>
<b>Total de Costos de Operación directos al año</b>						<b>164995,6</b>

Nota: (\*) Se ha considerado que el trabajo de supervisión se realice durante 5 días a la semana.

## **ANEXO IV**

### **DISEÑO ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA**

El diseño estadístico aplicado para determinar la contaminación del agua por metales pesados ha sido la Prueba t de Student, la cual es una prueba estadística que permite analizar muestras simples menores a 30 datos.

Este diseño se ha aplicado para los resultados de monitoreo de agua del año 2008; específicamente para los metales que han presentado en sus promedios mensuales valores por encima del estándar de referencia; como es el caso del cadmio, plomo, arsénico, manganeso y fierro. El análisis se realizará por cada estación de muestreo respecto a sus valores promedios mensuales versus el estándar de referencia para cada elemento metálico; obteniéndose así los resultados que permitan aceptar o rechazar la hipótesis del investigador.

Para la determinación de los resultados, se partirá de la premisa que cuando p es menor que  $\alpha$  (nivel de significancia asumido que es de 5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

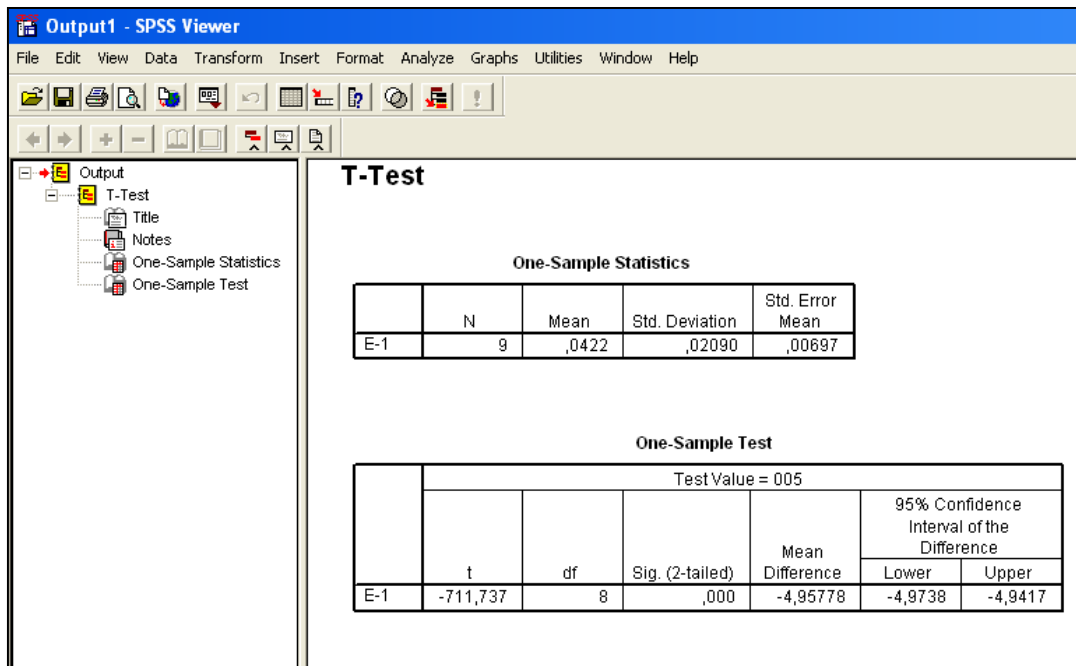
A continuación se presenta el análisis estadístico planteado para cada elemento en estudio.

#### **Plomo:**

Hipótesis nula  $H_0$  :  $\mu \leq 0.05$

Hipótesis del investigador  $H_1$ :  $\mu > 0.05$

### Estación 1:



The screenshot shows the SPSS Output1 - SPSS Viewer window. The left pane displays a tree view of the output, with 'T-Test' expanded to show 'One-Sample Statistics' and 'One-Sample Test'. The main pane displays the results for 'T-Test'.

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-1	9	,0422	,02090	,00697

**One-Sample Test**

Test Value = 005					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower Upper
E-1	-711,737	8	,000	-4,95778	-4,9738 -4,9417

Partiendo de la premisa que cuando  $p$  es menor que  $\alpha$  (nivel de significancia asumido que es de 5%) se rechaza la hipótesis nula. Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-1.



## Estación 2:

Salida plomo E-2.spo - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

## → T-Test

### One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-2	9	,0492	,05627	,01876

### One-Sample Test

Test Value = 005						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-2	-263,953	8	,000	-4,95078	-4,9940	-4,9075

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-2.

## Estación 3:

Salida plomo E-3.spo - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

Output

- T-Test
  - Title
  - Notes
  - One-Sample Statistics
  - One-Sample Test

### T-Test

#### One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-3	9	,0600	,04804	,01601

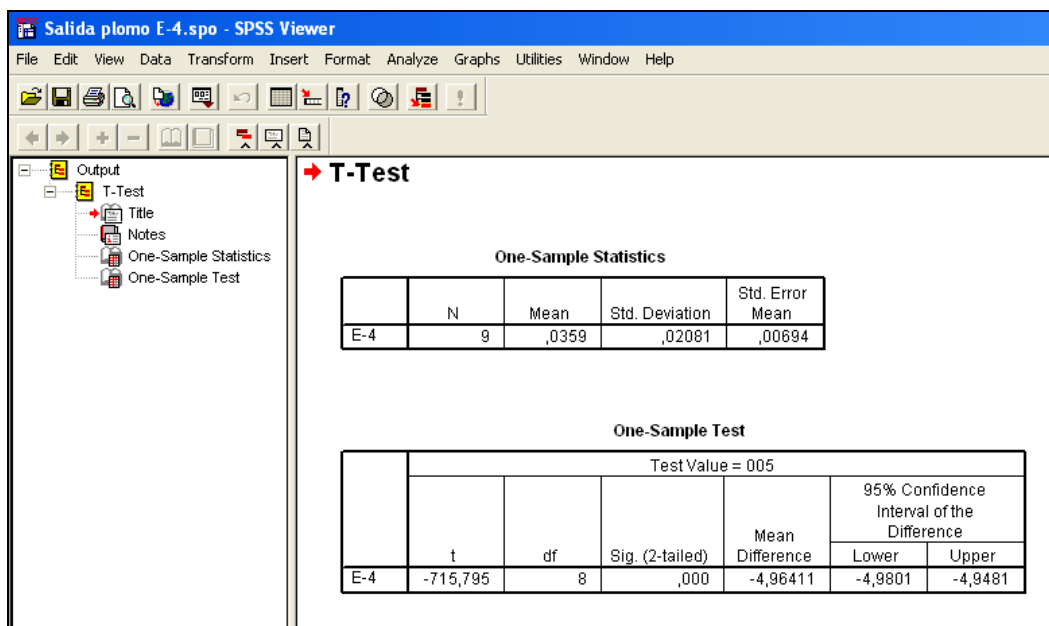
#### One-Sample Test

	Test Value = 005					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-3	-308,516	8	,000	-4,94000	-4,9769	-4,9031

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-3.

#### Estación 4:



Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-4.

### Estación 5:

Salida plomo E-5.spo - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

## → T-Test

### One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-5	9	,0328	,01738	,00579

### One-Sample Test

Test Value = 005						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-5	-857,219	8	,000	-4,96722	-4,9806	-4,9539

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-5.

### Estación 6:

Salida plomo E-6.spo - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

```

graph TD
    Output[Output] --> T-Test[T-Test]
    T-Test --> Title[Title]
    T-Test --> Notes[Notes]
    T-Test --> One-Sample-Statistics[One-Sample Statistics]
    T-Test --> One-Sample-Test[One-Sample Test]
  
```

## T-Test

### One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-6	9	,0489	,04319	,01440

### One-Sample Test

Test Value = 005						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-6	-343,885	8	,000	-4,95111	-4,9843	-4,9179

Para este caso como p (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-6.

### Estación 7:

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-7	9	,0422	,03108	,01036

**One-Sample Test**

	Test Value = 005				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-7	-478,617	8	,000	-4,95778	-4,9817 -4,9339

Para este caso como p (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

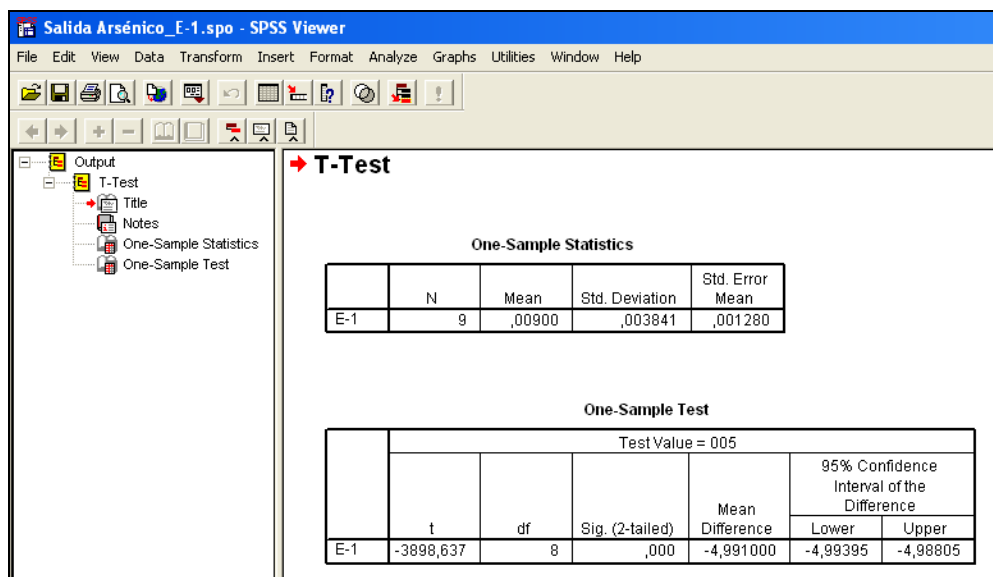
En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por plomo para la estación E-7.

### Arsénico:

Hipótesis nula  $H_0$  :  $\mu \leq 0.05$

Hipótesis del investigador  $H_1$ :  $\mu > 0.05$

### Estación 1:



**Salida Arsénico\_E-1.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-1	9	,00900	,003841	,001280

**One-Sample Test**

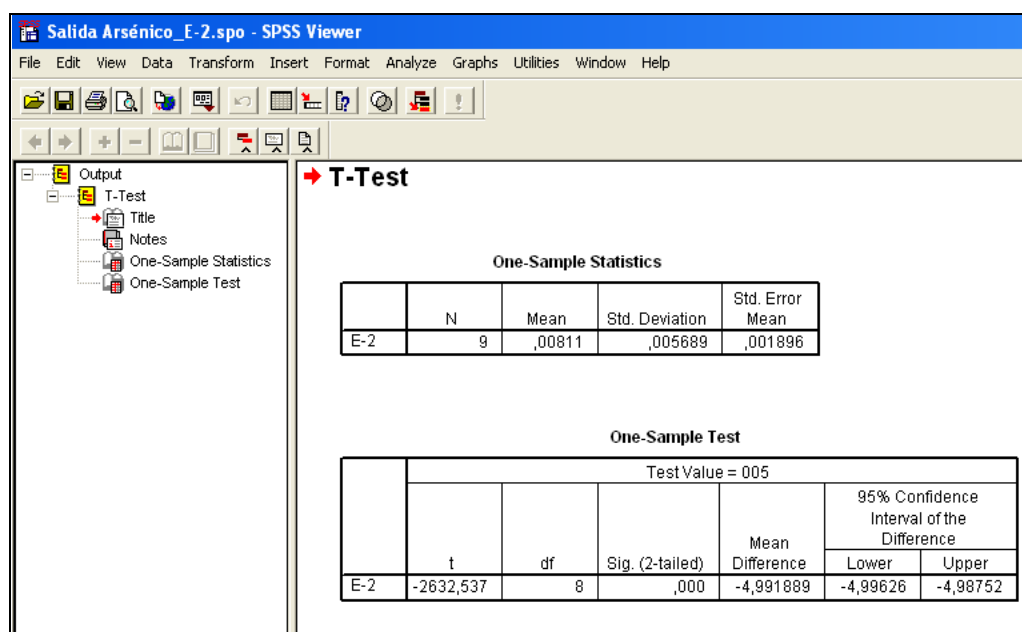
Test Value = ,005

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-1	-3898,637	8	,000	-4,991000	-4,99395	-4,98805

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-1.

### Estación 2:



**Salida Arsénico\_E-2.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-2	9	,00811	,005689	,001896

**One-Sample Test**

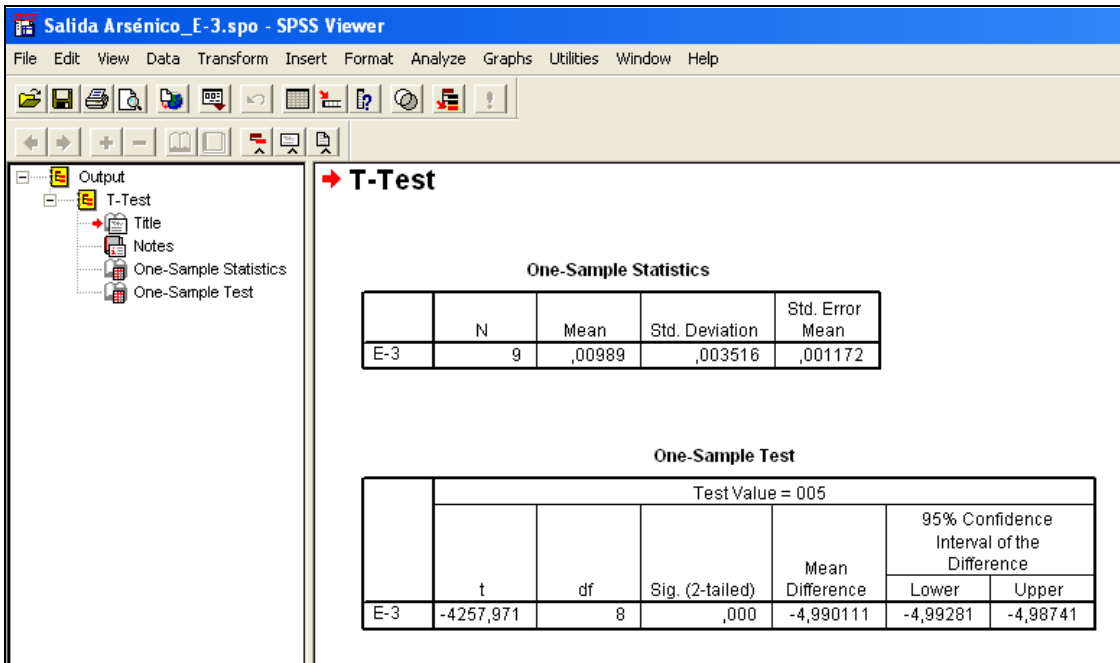
Test Value = ,005

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-2	-2632,537	8	,000	-4,991889	-4,99626	-4,98752

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-2.

### Estación 3:



**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-3	9	,00989	,003516	,001172

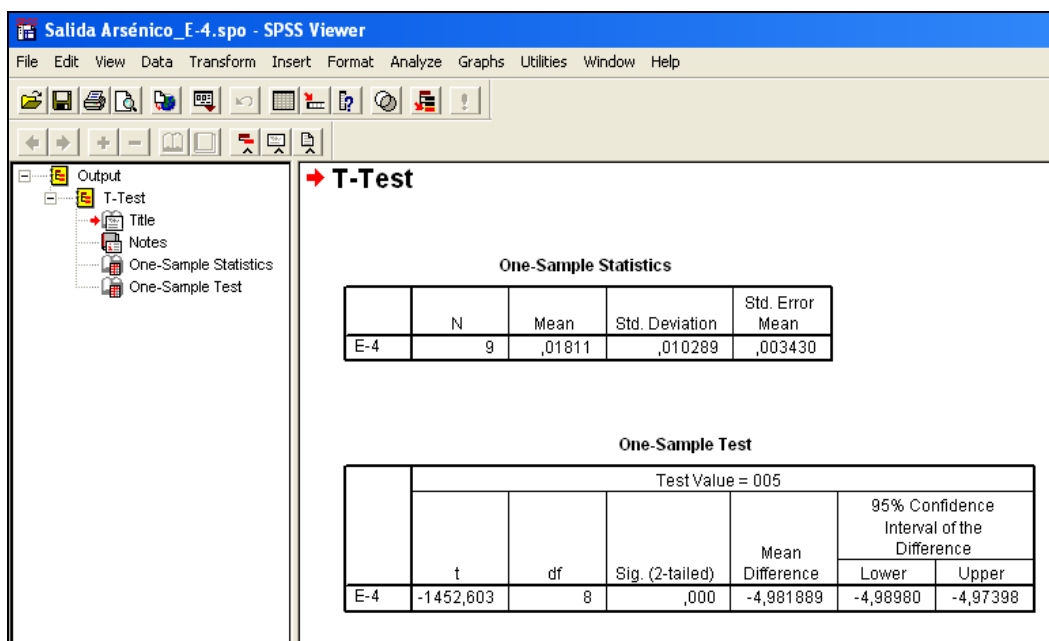
**One-Sample Test**

	Test Value = 005				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-3	-4257,971	8	,000	-4,990111	-4,99281 -4,98741

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-3.

#### Estación 4:



**Salida Arsénico\_E-4.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-4	9	,01811	,010289	,003430

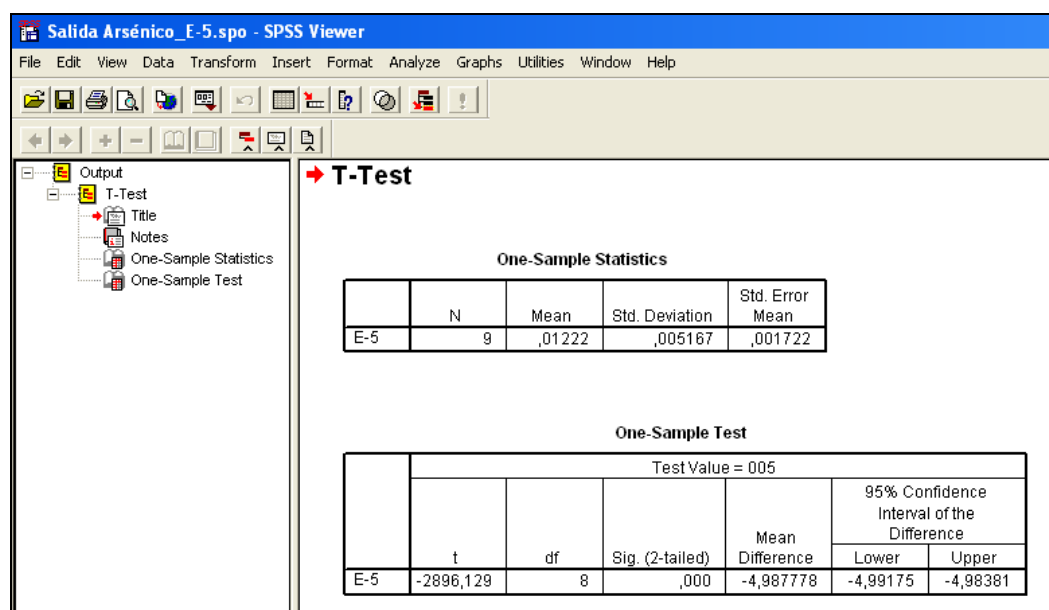
**One-Sample Test**

Test Value = 005						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-4	-1452,603	8	,000	-4,981889	-4,98980	-4,97398

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-4.

#### Estación 5:



**Salida Arsénico\_E-5.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-5	9	,01222	,005167	,001722

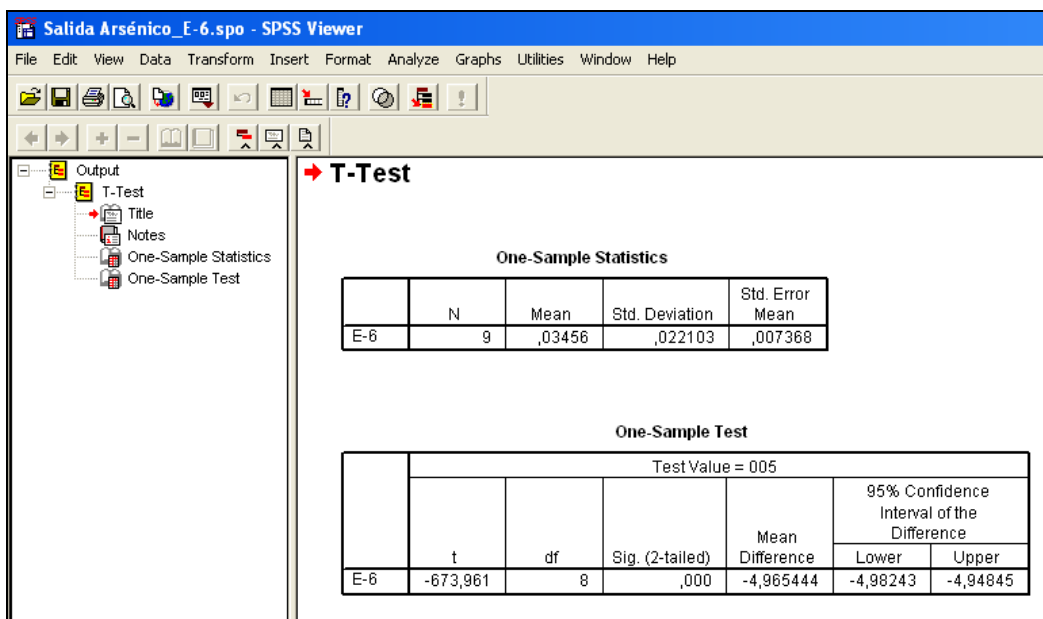
**One-Sample Test**

Test Value = 005						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-5	-2896,129	8	,000	-4,987778	-4,99175	-4,98381

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-5.

### Estación 6:



**Salida Arsénico\_E-6.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-6	9	,03456	,022103	,007368

**One-Sample Test**

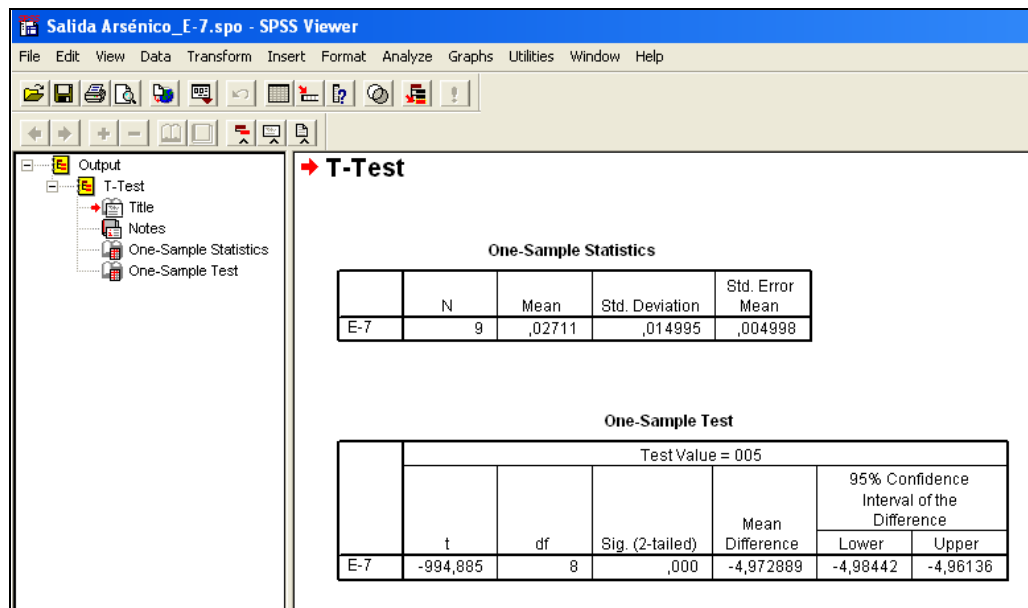
	Test Value = 005				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-6	-673,961	8	,000	-4,965444	-4,98243 -4,94845

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-6.



### Estación 7:



**Salida Arsénico\_E-7.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**Output**

- T-Test
  - Title
  - Notes
  - One-Sample Statistics
  - One-Sample Test

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-7	9	,02711	,014995	,004998

**One-Sample Test**

	Test Value = 005				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-7	-994,885	8	,000	-4,972889	-4,98442 -4,96136

Para este caso como  $p$  (0.00) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por arsénico para la estación E-7.

### Manganeso:

Hipótesis nula  $H_0$  :  $\mu \leq 0.2$

Hipótesis del investigador  $H_1$ :  $\mu > 0.2$

### Estación 1:

Salida Mn\_E-1.spo - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

## → T-Test

### One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-1	9	,98678	,662432	,220811

### One-Sample Test

Test Value = 02						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-1	-4,589	8	,002	-1,013222	-1,52241	-,50403

Para este caso como  $p$  (0.002) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-1.

### Estación 2:

Salida Mn\_E-2.spo - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

- Output
  - T-Test
    - Title
    - Notes
    - One-Sample Statistics
    - One-Sample Test

→ T-Test

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-2	9	,47400	,620258	,206753

One-Sample Test

Test Value = 02						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-2	-7,381	8	,000	-1,526000	-2,00277	-1,04923

Para este caso como  $p$  (0.000) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-2.

### Estación 3:

Salida Mn\_E-3.spss - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

## → T-Test

### One-Sample Statistics

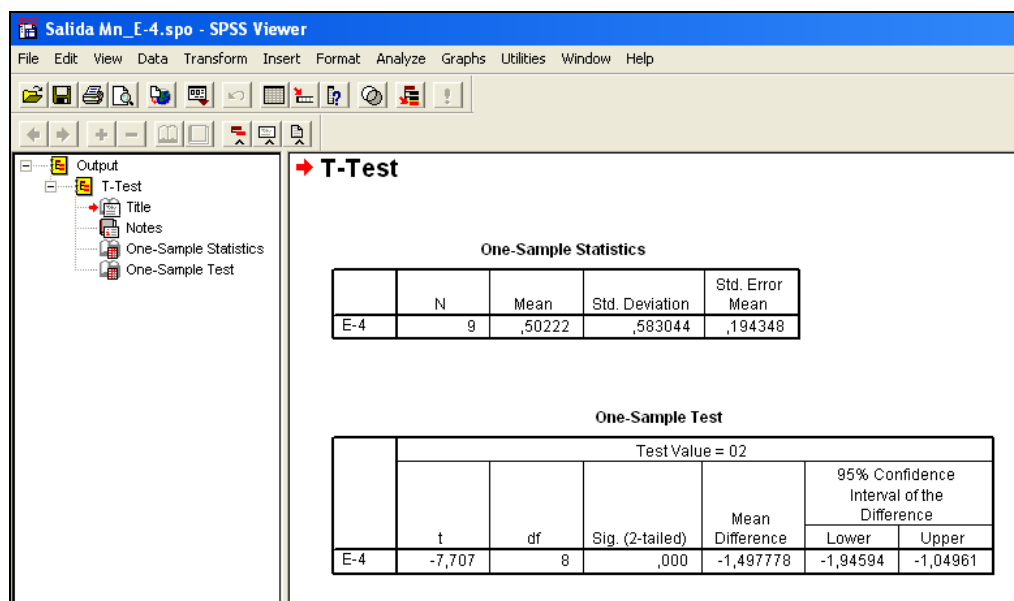
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-3	9	,70100	,502901	,167634

### One-Sample Test

Test Value = 02					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower Upper
E-3	-7,749	8	,000	-1,299000	-1,68556 -,91244

Para este caso como  $p$  (0.000) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-3.

**Estación 4:**


The screenshot shows the SPSS Viewer interface for 'Salida Mn\_E-4.spo'. The left pane displays the 'Output' tree with 'T-Test' selected. The main pane shows the 'T-Test' results for variable E-4.

**One-Sample Statistics**

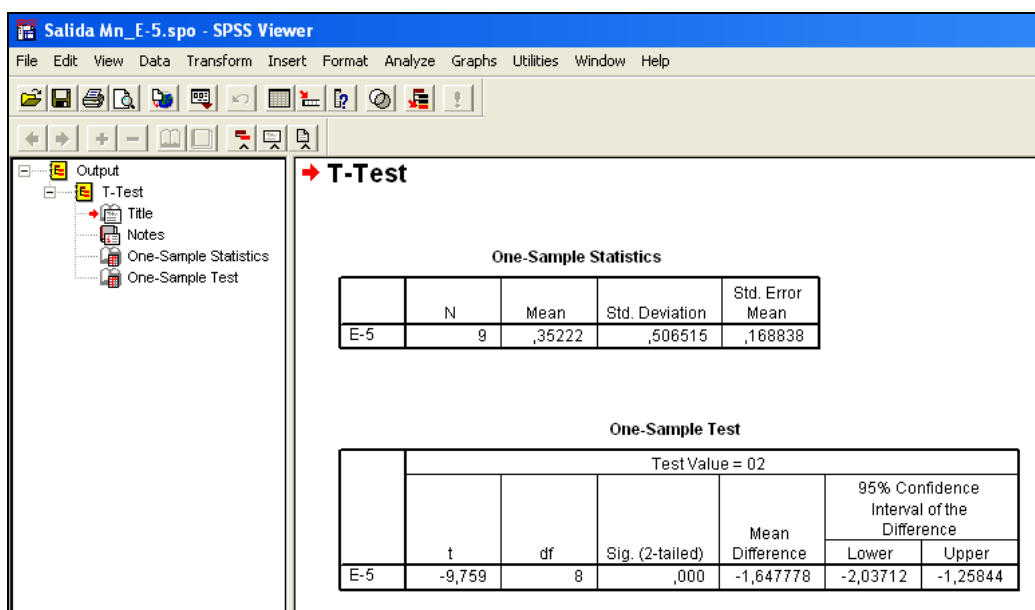
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-4	9	,50222	,583044	,194348

**One-Sample Test**

Test Value = 02						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-4	-7,707	8	,000	-1,497778	-1,94594	-1,04961

Para este caso como  $p$  (0.000) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-4.

**Estación 5:**


The screenshot shows the SPSS Viewer interface for 'Salida Mn\_E-5.spo'. The left pane displays the 'Output' tree with 'T-Test' selected. The main pane shows the 'T-Test' results for variable E-5.

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-5	9	,35222	,506515	,168838

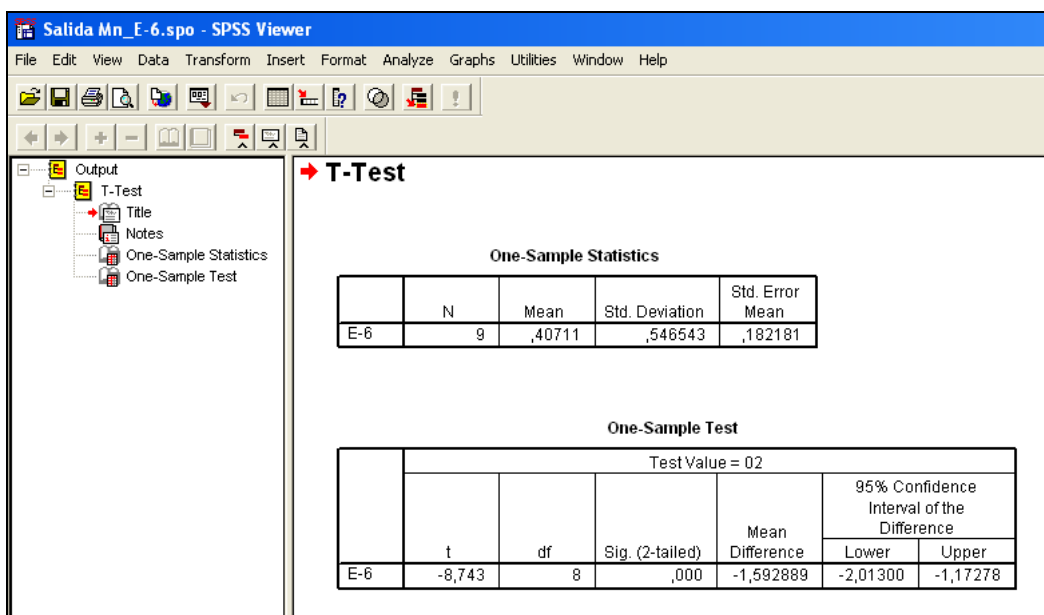
**One-Sample Test**

Test Value = 02						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-5	-9,759	8	,000	-1,647778	-2,03712	-1,25844

Para este caso como  $p$  (0.000) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-5.

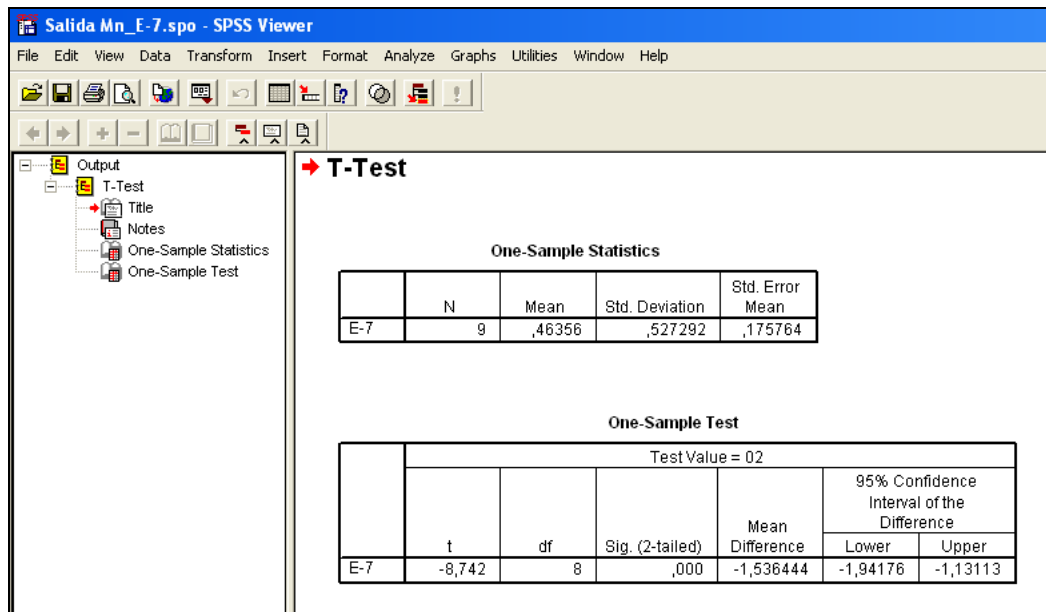
### Estación 6:



Para este caso como  $p$  (0.000) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-6.

### Estación 7:



**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-7	9	,46356	,527292	,175764

**One-Sample Test**

	Test Value = 02				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-7	-8,742	8	,000	-1,536444	-1,94176 -1,13113

Para este caso como  $p$  (0.000) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

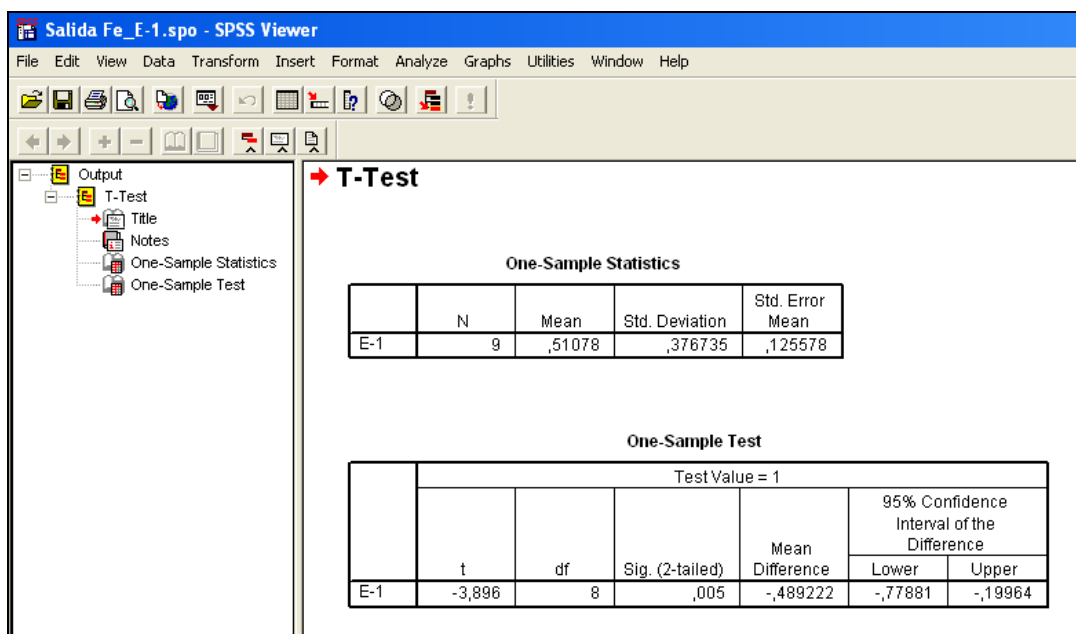
En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por manganeso para la estación E-7.

### Fierro:

Hipótesis nula  $H_0$  :  $\mu \leq 1$

Hipótesis del investigador  $H_1$ :  $\mu > 1$

### Estación 1:



**Salida Fe\_E-1.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-1	9	,51078	,376735	,125578

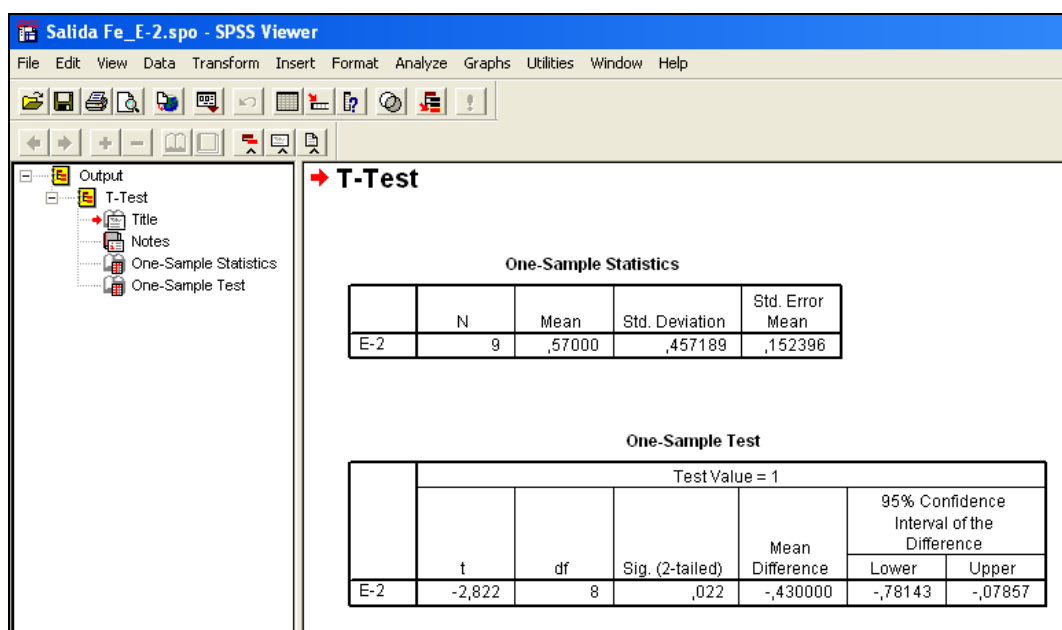
**One-Sample Test**

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-1	-3,896	8	,005	-,489222	-,77881	-,19964

Para este caso como  $p$  (0.005) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-1.

### Estación 2:



**Salida Fe\_E-2.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-2	9	,57000	,457189	,152396

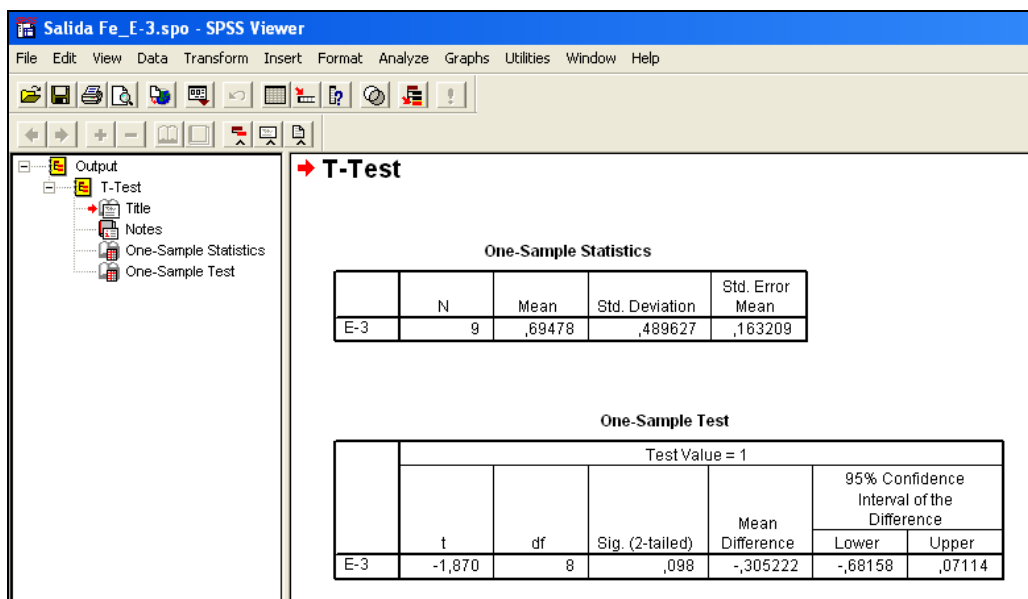
**One-Sample Test**

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
E-2	-2,822	8	,022	-,430000	-,78143	-,07857

Para este caso como  $p$  (0.022) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-2.

### Estación 3:



Para este caso como  $p$  (0.098) es mayor que el nivel de significancia asumido (5%) se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que no hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-3.



#### Estación 4:

**Salida Fe\_E-4.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

Output  
T-Test  
Title  
Notes  
One-Sample Statistics  
One-Sample Test

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-4	9	,49189	,537954	,179318

**One-Sample Test**

	Test Value = 1				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-4	-2,834	8	,022	-,508111	-,92162 - ,09460

Para este caso como  $p$  (0.022) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-4.

#### Estación 5:

**Salida Fe\_E-5.spo - SPSS Viewer**

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

Output  
T-Test  
Title  
Notes  
One-Sample Statistics  
One-Sample Test

**T-Test**

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-5	9	,35733	,406676	,135559

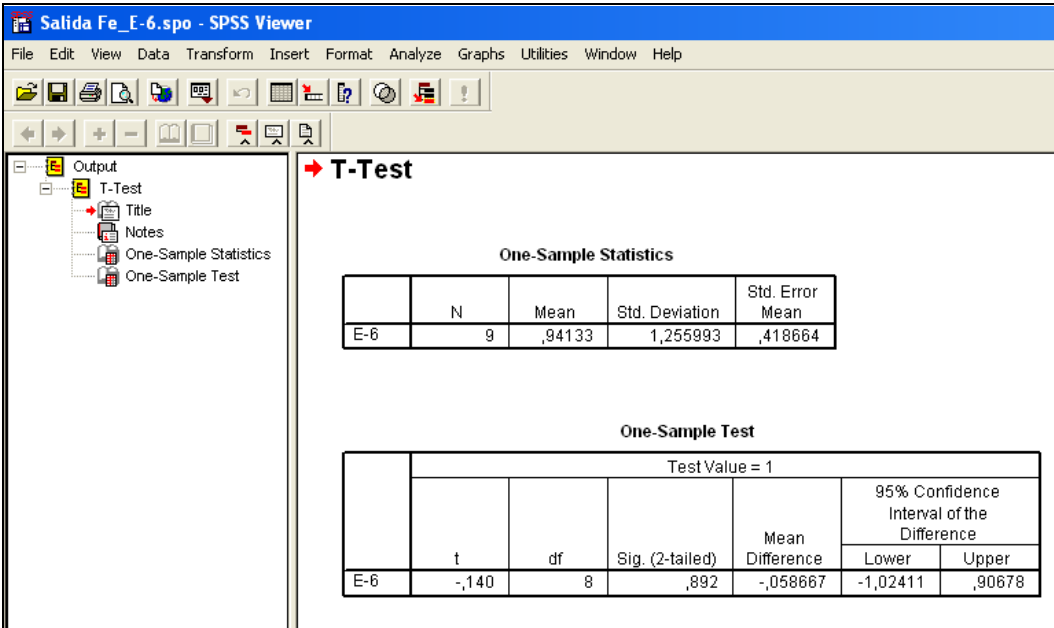
**One-Sample Test**

	Test Value = 1				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-5	-4,741	8	,001	-,642667	-,95527 - ,33007

Para este caso como  $p$  (0.001) es menor que el nivel de significancia asumido (5%) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que si hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-5.

### Estación 6:



**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
E-6	9	,94133	1,255993	,418664

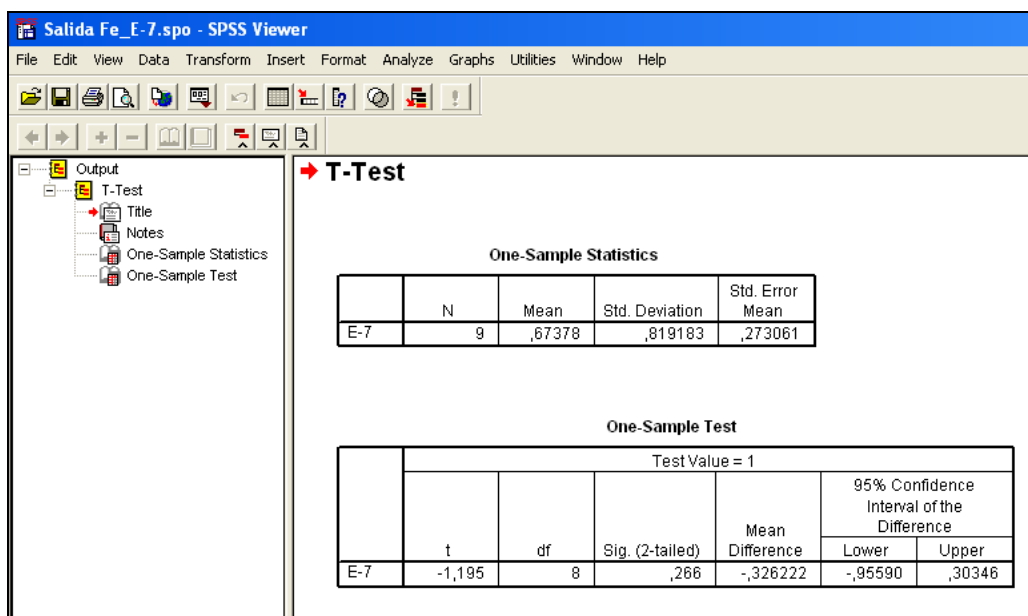
**One-Sample Test**

	Test Value = 1				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
E-6	-,140	8	,892	-,058667	-1,02411 ,90678

Para este caso como  $p$  (0.892) es mayor que el nivel de significancia asumido (5%) se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que no hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-6.

### Estación 7:



Para este caso como  $p$  (0.266) es mayor que el nivel de significancia asumido (5%) se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador.

En conclusión, podemos afirmar que no hay contaminación de aguas por fierro para la estación E-7.

Nota: Para el caso del cadmio todos los valores reportados presentan el mismo valor, por lo cual la desviación estándar es cero; no pudiéndose aplicar esta prueba estadística para este parámetro específico; por lo cual su análisis solo estará validado por el análisis comparativo con los estándares de referencia de calidad de agua.